COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX-CENTIÈME.

JANVIER — JUIN 1935.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1935

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1935

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

HADAMARD (*Jacques*-Salomon), O. ✻.
GOURSAT (*Édouard*-Jean-Baptiste), C. ✻.
BOREL (Félix-Édouard-Justin-*Émile*), O. ✻.
LEBESGUE (*Henri*-Léon), O. ✻.
CARTAN (*Élie*-Joseph), O. ✻.
JULIA (*Gaston*-Maurice), C. ✻.

Section II. — *Mécanique.*

LECORNU (*Léon*-François-Alfred), C. ✻.
DRACH (*Jules*), O. ✻.
JOUGUET (Jacques-Charles-*Émile*), O. ✻.
VILLAT (*Henri*-René-Pierre), ✻.
BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), ✻.
CAQUOT (*Albert*-Irénée), G. O. ✻.

Section III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (*Henri*-Alexandre), C. ✻.
HAMY (*Maurice*-Théodore-Adolphe), O. ✻.
ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), O. ✻.
MAURAIN (*Charles*), O. ✻.
LA BAUME PLUVINEL (Eugène-*Aymar*, comte DE), ✻.
....

Section IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

LALLEMAND (Jean-Pierre, dit *Charles*), C. ※.
BOURGEOIS (Joseph-Émile-*Robert*), G. C. ※.
FICHOT (Lazare-*Eugène*), G. O. ※.
PERRIER (Antoine-François-Jacques-Justin-*Georges*), G. O. ※.
TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), C. ※.
. . . .

Section V. — *Physique générale.*

BRANLY (*Édouard*-Eugène-Désiré), G. O. ※.
BRILLOUIN (Louis-*Marcel*), O. ※.
PERRIN (*Jean*-Baptiste), C. ※.
COTTON (*Aimé*-Auguste), O. ※.
FABRY (Marie-Paul-Auguste-*Charles*), O. ※.
LANGEVIN (*Paul*), C. ※.

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie.*

LE CHATELIER (*Henry*-Louis), G. O. ※.
BÉHAL (*Auguste*), G. O. ※.
URBAIN (*Georges*), C. ※.
BERTRAND (*Gabriel*-Émile), C. ※.
DELÉPINE (Stéphane-*Marcel*), O. ※.
LESPIEAU (Pierre-Léon-*Robert*), O. ※.

Section VII. — *Minéralogie.*

BARROIS (*Charles*-Eugène), C. ※.
DOUVILLÉ (Joseph-*Henri*-Ferdinand), C. ※.
WALLERANT (*Frédéric*-Félix-Auguste), O. ※.
LAUNAY (*Louis*-Auguste-Alphonse DE), C. ※.
CAYEUX (*Lucien*), O. ※.
JACOB (*Charles*-François-Étienne), ※.

Section VIII. — *Botanique.*

Messieurs :

MANGIN (*Louis*-Alexandre), G. O. ✻.
COSTANTIN (*Julien*-Noël), O. ✻.
DANGEARD (*Pierre-Augustin*-Clément), O. ✻.
MOLLIARD (*Marin*), O. ✻.
BLARINGHEM (*Louis*-Florimond), ✻.
....

Section IX. — *Économie rurale.*

LECLAINCHE (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✻.
VIALA (*Pierre*), C. ✻.
LAPICQUE (*Louis*-Édouard), C. ✻.
FOSSE (*Richard*-Jules), ✻.
SCHRIBAUX (Pierre-*Émile*-Laurent), C. ✻.
MOUSSU (Auguste-Léopold, dit *Gustave*), O. ✻.

Section X. — *Anatomie et Zoologie.*

BOUVIER (*Louis*-Eugène), C. ✻.
MARCHAL (*Paul*-Alfred), C. ✻.
JOUBIN (*Louis*-Marie-Adolphe-Olivier-Edouard), C. ✻.
MESNIL (*Félix*-Étienne-Pierre), O. ✻.
GRAVIER (*Charles*-Joseph), O. ✻.
CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), O. ✻.

Section XI. — *Médecine et Chirurgie.*

ARSONVAL (Jacques-*Arsène* D'), G. C. ✻.
RICHET (Robert-*Charles*), G. O. ✻.
VINCENT (Jean-*Hyacinthe*), G. C. ✻.
ACHARD (Émile-*Charles*), C. ✻.
GOSSET (*Antonin*-Louis-Charles-Sébastien), G. O. ✻.
FAURE (*Jean-Louis*), C. ✻.

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-*Émile*), G. C. ✻, pour les sciences mathématiques.
LACROIX (François-Antoine-*Alfred*), C. ✻, pour les sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BLONDEL (*André*-Eugène), C. ✻.
JANET (*Paul*-André-Marie), C. ✻.
BRETON (*Jules-Louis*), ✻.
OCAGNE (Philibert-*Maurice* D'), C. ✻.
BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), O. ✻.
DESGREZ (*Alexandre*), O. ✻.
SÉJOURNÉ (Aignan-*Paul*-Marie-Joseph), G. O. ✻.
CHARCOT (*Jean*-Baptiste-Étienne-Auguste), G. O. ✻.
HELBRONNER (*Paul*), O. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), O. ✻.

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (*Paul*), G. O. ✻, à Toulouse.
FLAHAULT (*Charles*-Henri-Marie), O. ✻, à Montpellier.
GRIGNARD (François-Auguste-*Victor*), C. ✻, à Lyon.
WEISS (*Pierre*-Ernest), O. ✻, à Strasbourg.
NICOLLE (*Charles*-Jules-Henri), C. ✻, à Tunis.
CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), ✻, à Nancy.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

CHARPY (Augustin-*Georges*-Albert), O. ✻, à Paris.
LUMIÈRE (*Louis*-Jean), C. ✻, à Neuilly-sur-Seine.
LAUBEUF (Alfred-*Maxime*), C. ✻, à Toulon.
CLAUDE (*Georges*), O. ✻, à Rueil (Seine-et-Oise).
GUILLET (*Léon*-Alexandre), C. ✻, à Paris.
REY (*Jean*-Alexandre), C. ✻, à Paris.

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

VOLTERRA (*Vito*), G. O. ✻, à Rome.
HALE (*George* Ellery), à Pasadena (Californie).
THOMSON (Sir *Joseph* John), à Cambridge (Angleterre).
BRÖGGER (*Waldemar Christofer*), C. ✻, à Oslo.
BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. O. ✻, à Bruxelles.
PATERNÒ DI SESSA (*Emanuele*), G. O. ✻, à Palerme.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
TORRES QUEVEDO (*Leonardo*), C. ✻, à Madrid.
RUTHERFORD (Lord *Ernest*), à Cambridge (Angleterre).
WILSON (*Edmund Beecher*), à New York.
ZEEMAN (*Pieter*), à Amsterdam.
EINSTEIN (*Albert*), à Princeton (New Jersey).

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10).

HILBERT (*David*), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), O. ✻, à Louvain.
LARMOR (Sir *Joseph*), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (*Leonard Eugene*), à Chicago.
NÖRLUND (*Niels Erik*), ✻, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Kharkow (Ukraine).
BIRKHOFF (*George* David), à Cambridge (Massachusetts).
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
FABRY (Charles-*Eugène*), ✻, à Marseille.
COTTON (*Émile*-Clément), ✻, à Grenoble.

Section II. — *Mécanique* (10).

Messieurs :

LEVI-CIVITA (*Tullio*), à Rome.
WADDELL (*John Alexander Low*), à New York.
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, à Toulouse.
ROY (*Louis*-Maurice), à Toulouse.
AUCLAIR (Noël-Marie-*Joseph*), O. ✻, à Bellevue.
STODOLA (*Aurel*), à Zurich.
LOVE (*Augustus Edward Hough*), à Oxford.
HAAG (*Jules*), ✻, à Besançon.
THIRY (*René*-Paul-Eugène), ✻, à Strasbourg.
....

Section III. — *Astronomie* (10).

DYSON (Sir *Frank* Watson), à Greenwich.
CAMPBELL (*William Wallace*), O. ✻, au Mount Hamilton (Californie).
FABRY (*Louis*), ✻, à Marseille.
FOWLER (*Alfred*), à Londres.
BROWN (*Ernest William*), à New Haven (Connecticut).
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Bordeaux.
STROOBANT (*Paul*-Henri), ✻, à Uccle.
SCHLESINGER (*Frank*), à New Haven (Connecticut).
....
....

Section IV. — *Géographie et Navigation* (10).

HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
BOWIE (*William*), à Washington.
RICHARD (*Jules*), O. ✻, à Monaco.
SCHOKALSKY (*Jules*), ✻, à Leningrad.
VANSSAY DE BLAVOUS (*Pierre*-Marie-Joseph-Félix-Antoine DE), O. ✻, à Monaco.
VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).
BINGER (Louis-*Gustave*), G. O. ✻, à l'Isle-Adam (Seine-et-Oise).
....
....
....

SECTION V. — *Physique générale* (10).

Messieurs :

GUILLAUME (*Charles-Édouard*), C. ✻, à Sèvres.
MATHIAS (*Émile*-Ovide-Joseph), ✻, à Clermont-Ferrand.
BRAGG (Sir *William* Henry), à Londres.
MILLIKAN (*Robert Andrews*), à Pasadena (Californie).
GUYE (*Charles-Eugène*), ✻, à Genève.
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford.
CABRERA (*Blas*), à Madrid.
GUTTON (*Camille*-Antoine-Marie), O. ✻, à Paris.
BUISSON (*Henri*-Auguste), O. ✻, à Marseille.
CABANNES (*Jean*), ✻, à Montpellier.

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie* (10).

GUNTZ (*Antoine*-Nicolas), O. ✻, à Nancy.
WALDEN (*Paul*), à Rostock (Allemagne).
PICTET (*Amé*), O. ✻, à Genève.
RECOURA (*Albert*), O. ✻, à Grenoble.
SENDERENS (*Jean-Baptiste*), ✻, à Rabastens-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).
HADFIELD (Sir *Robert* Abbott), O. ✻, à Londres.
POPE (Sir *William* Jackson), à Cambridge (Angleterre).
PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), ✻, à Paris.
SWARTS (*Frédéric*-Jean-Edmond), O. ✻, à Gand.
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).

SECTION VII. — *Minéralogie* (10).

HEIM (*Albert*), à Zurich.
BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), ✻, à Mathieu (Calvados).
LUGEON (*Maurice*), C. ✻, à Lausanne.

Messieurs :

MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✻, à Paris.
OSBORN (*Henry Fairfield*), à Garrisson (New York).
VERNADSKY (*Wladimir*), à Leningrad.
CESÁRO (*Giuseppe* Raimondo Pio), à Liége.
GIGNOUX (*Maurice*-Irenée-Maria), ✻, à Grenoble.
LERICHE (*Maurice*-Henri-Charles), ✻, à Uccle-Bruxelles.
. . . .

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

DE VRIES (*Hugo*), à Lunteren (Pays-Bas).
SAUVAGEAU (*Camille*-François), ✻, à Bordeaux.
LECLERC DU SABLON (Albert-*Mathieu*), ✻, à Vénéjan (Gard).
JUMELLE (*Henri*-Lucien), ✻, à Marseille.
MAIRE (*René*-Charles-Joseph-Ernest), ✻, à Alger.
DANIEL (*Lucien*-Louis), ✻, à Rennes.
IKENO (*Seiitirô*), à Tokyo.
PERRIER DE LA BÂTHIE (*Henri*-Alfred-Joseph), ✻, à Saint-Pierre-d'Albigny, Savoie.
DEVAUX (*Henri*-Edgard), ✻, à Bordeaux.
. . . .

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

PERRONCITO (*Edoardo*), C. ✻, à Turin.
IMBEAUX (Charles-*Édouard*-Augustin), O. ✻, à Nancy.
RUSSELL (Sir Edward *John*), à Harpenden (Angleterre).
RAVAZ (Étienne-*Louis*), O. ✻, à Montpellier.
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), O. ✻, à Mustapha-Alger.
THEILER (Sir *Arnold*), à Weybridge (Angleterre).
LAGATU (*Henri*-Désiré), O. ✻, à Montpellier.
SMITH (*Theobald*), à Princeton (New Jersey).
MARCHAL (*Émile*-Jules-Joseph), à Gembloux (Belgique).
. . . .

Section X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

Messieurs :

BOULENGER (*George-Albert*), à Bruxelles.
BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Montpellier.
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-*Albert*), ✻, à Marseille.
LAMEERE (*Auguste*-Alfred-Lucien-Gaston), ✻, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
LÉGER (*Louis*-Urbain-Eugène), O. ✻, à Grenoble.
PELSENEER (*Paul*), O. ✻, à Bruxelles.
MORGAN (*Thomas Hunt*), à Pasadena (Californie).
BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Strasbourg.
GUYÉNOT (*Émile*-Louis-Charles), ✻, à Genève.
CHATTON (*Édouard*-Pierre-Léon), ✻, à Sète.

Section XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

PAVLOV (*Ivan* Petrovitch), à Leningrad.
YERSIN (*Alexandre*-John-Émile), C. ✻, à Nha-Trang (Annam).
WRIGHT (Sir *Almroth* Edward), à Londres.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Oxford.
FREDERICQ (*Léon*), à Liége.
FORGUE (*Émile*), C. ✻, à Paris.
CARREL (*Alexis*), C. ✻, à New York.
LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), C. ✻, à Lyon.
FLEXNER (*Simon*), C. ✻, à New York.
SANARELLI (*Giuseppe*), G. O. ✻, à Rome.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 2 JANVIER 1935 (¹).

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

M. le **Secrétaire perpétuel**, au nom de M. **Émile Borel**, Président sortant, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1934.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1935

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les tomes 196 (1er semestre de l'année 1933) et 197 (2e semestre de l'année 1933) sont parus avec leurs tables et ont été mis en distribution.

Les numéros des 1er et 2e semestres de l'année 1934 sont parus, chaque semaine, avec la régularité habituelle. Les tables du 1er semestre sont sur le point de paraître.

Mémoires de l'Académie. — Le tome 61 est paru et a été mis en distribution.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de tables générales est en voie d'achèvement.

(¹) Cette séance remplace celle qui devait avoir lieu le lundi 31 décembre 1934.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1935 est paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1934.

Section de Mécanique. — M. **Paul Vieille**, le 15 janvier, à Paris.

Section d'Astronomie. — M. **Benjamin Baillaud**, le 8 juillet, à Toulouse.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Ernest Fournier**, le 6 novembre, à Neuilly-sur-Seine.

Section de Physique générale. — M. **Paul Villard**, le 13 janvier, à Bayonne.

Section de Chimie. — M. **Camille Matignon**, le 18 mars, à Paris.

Section de Botanique. — M. **Henri Lecomte**, le 12 juin, à Paris.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Pierre Bazy**, le 22 janvier, à Paris.

Membres élus depuis le 1er janvier 1934.

Section de Géométrie. — M. **Gaston Julia**, le 5 mars, en remplacement de M. Paul Painlevé, décédé.

Section de Mécanique. — M. **Albert Caquot**, le 12 novembre, en remplacement de M. Paul Vieille, décédé.

Section de Physique générale. — M. **Paul Langevin**, le 25 juin, en remplacement de M. Paul Villard, décédé.

Section de Chimie. — M. **Robert Lespieau**, le 10 décembre, en remplacement de M. Camille Matignon, décédé.

Section d'Économie rurale. — M. **Émile Schribaux**, le 19 mars, en remplacement de M. Albert Calmette, décédé; M. **Gustave Moussu**, le 14 mai, en remplacement de M. Émile Roux, décédé.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Antonin Gosset**, le 22 janvier, en remplacement de M. Édouard Quénu, décédé; M. **Jean-Louis Faure**, le 11 juin, en remplacement de M. Pierre Bazy, décédé.

Membres à remplacer.

Section d'Astronomie. — M. **Benjamin Baillaud**, mort à Toulouse, le 8 juillet 1934.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Ernest Fournier**, mort à Neuilly-sur-Seine, le 6 novembre 1934.

Section de Botanique. — M. **Henri Lecomte**, mort à Paris, le 12 juin 1934.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1934.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **François Gonnessiat**, le 17 octobre, à Alger; M. **Willem de Sitter**, le 20 novembre, à Leyde.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **William Morris Davis**, le 5 février, à Pasadena, États-Unis; le R. P. **Bonaventure Berloty**, le 10 octobre, à Ksara, Grand-Liban; M. **Adrien de Gerlache de Gomery**, le 4 décembre, à Bruxelles.

Pour la Section de Botanique. — M. **Dukinfield Henry Scott**, le 29 janvier, à Oakley, Angleterre; M. **Robert Chodat**, le 28 avril, à Pinchat, près Genève.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Santiago Ramon Cajal**, le 17 octobre, à Madrid.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Jean Cantacuzène**, le 14 janvier, à Bucarest.

Correspondants élus depuis le 1er janvier 1934.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Giuseppe Sanarelli**, le 2 juillet, à Rome, en remplacement de M. **Jean Cantacuzène**, décédé.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section de Mécanique. — M. **Magnus de Sparre**, mort à Lyon, le 27 février 1933.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **François Gonnessiat**, mort à Alger, le 17 octobre 1934; M. **Willem de Sitter**, mort à Leyde, le 20 novembre 1934.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **William Morris Davis**, mort à Pasadena, États-Unis, le 5 février 1934; le R. P. **Bonaventure Berloty**, mort à Ksara, Grand-Liban, le 10 octobre 1934; M. **Adrien de Gerlache de Gomery**, mort à Bruxelles, le 4 décembre 1934.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Georges Friedel**, mort à Strasbourg, le 11 décembre 1933.

Pour la Section de Botanique. — M. **Robert Chodat**, mort à Pinchat, près Genève, le 28 avril 1934.

Pour la Section d'Économie rurale. — M. **Charles Porcher**, mort à Paris, le 24 décembre 1933.

Pour les Sections qui seront désignées par l'Académie :

A. — Le correspondant suivant pour la Section de Géométrie : M. **René Baire**, mort à Chambéry, le 5 juillet 1932.

B. — Le correspondant suivant pour la Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Johannes Schmidt**, mort à Copenhague, le 21 février 1933.

C. — Le correspondant suivant pour la Section de Chimie : M. **Robert de Forcrand de Coiselet**, mort à Nice, le 20 avril 1933.

D. — Le correspondant suivant pour la Section de Physique générale : M. **Pieter Zeeman**, élu Associé étranger, le 19 juin 1933.

E. — Le correspondant suivant pour la Section de Botanique : M. **Dukinfield Henry Scott**, mort à Oakley, Angleterre, le 29 janvier 1934.

F. — Le correspondant suivant pour la Section d'Anatomie et Zoologie : M. **Santiago Ramon Cajal**, mort à Madrid, le 17 octobre 1934.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la Note suivante envoyée par M. **Émile Borel**, Président sortant, qui ne peut assister à la séance :

Mes chers Confrères,

Au terme d'une année qui a été, hélas, assombrie par trop de deuils, je tiens à vous remercier de l'honneur que vous m'avez fait en m'appelant à la vice-présidence, puis à la présidence de l'Académie. Je vous remercie également d'avoir facilité ma tâche; ces remerciements, qui s'adressent à tous, sont dus particulièrement aux Secrétaires perpétuels, dont le dévouement et la connaissance des règlements rendent aisé le fonctionnement du Bureau.

J'invite notre Président, M. Dangeard, à prendre possession du fauteuil de la Présidence et notre Vice-Président, M. Jean Perrin, à prendre place au Bureau.

M. **P.-A. Dangeard**, en prenant la Présidence, s'exprime en ces termes :

Votre nouveau Président, mes chers Confrères, à défaut des qualités qui donnaient à son prédécesseur une autorité à laquelle je ne saurais prétendre, vous apporte du moins sa bonne volonté, et un dévouement absolu à l'œuvre commune que nous poursuivons et à laquelle vous m'avez associé il y aura bientôt 18 ans.

Votre concours le plus actif sera nécessaire pour réussir dans les circonstances actuelles, au cours de la crise que traverse notre pays, à maintenir intactes les traditions et les prérogatives qui ont fait la force de notre Académie dans le passé, traditions et prérogatives qui ne sont en aucune façon incompatibles avec une évolution sage et prudente de nos institutions.

Ce qui doit me rassurer pleinement aujourd'hui, c'est de sentir à mes côtés nos deux Secrétaires perpétuels qui, depuis de longues années, consacrent tout leur temps à la bonne administration des intérêts moraux et matériels dont ils ont assumé la lourde charge : nous leur exprimons à nouveau notre gratitude.

D'autre part, je trouverai, j'en ai la certitude, une aide précieuse en notre Vice-Président, M. Jean Perrin, qui n'a qu'à se montrer pour assurer le succès des projets qu'il juge utiles aux progrès de la science. N'est-ce pas lui qui a provoqué, dans une heureuse initiative, la création du

Conseil supérieur de la Recherche scientifique, destiné à fournir à la France une élite de jeunes savants?

Cette création intéresse notre Académie au plus haut point et nous aurons à conjuguer nos efforts pour qu'elle puisse donner les résultats qu'on est en droit d'en attendre.

Vos Commissions continueront donc à faire un choix judicieux, dans les travaux qui nous seront présentés par ces jeunes savants et par leurs aînés en vue de l'attribution des nombreux prix dont nous disposons.

Il arrive que des chercheurs méritants hésitent à venir jusqu'à nous parce qu'ils sont trop modestes ou mal renseignés : nous irons au-devant d'eux pour les mieux connaître, les encourager, les soutenir de nos conseils et de notre expérience.

Sans l'appui qui m'a été donné autrefois par l'illustre savant Édouard Bornet que beaucoup d'entre vous ont connu, appui continué par notre regretté confrère Guignard, votre Président n'aurait jamais réussi à franchir les difficultés qu'il rencontrait sur sa route.

Nous avons tous, sans doute, quelque souvenir de ce genre, gravé au fond du cœur : il s'y mélange la juste fierté d'avoir été admis dans l'intimité de ces Maîtres de la science et d'être devenu leur ami et leur confident.

Vous seriez surpris, mes chers Confrères, si je ne vous entretenais, ne fût-ce qu'un instant, de la question toujours soulevée, jamais résolue, de ce que pourraient être nos séances, si nous avions l'excellente habitude d'y conserver un silence tout au moins relatif.

On nous a cité l'exemple d'autres Académies, exemple que nous aurions avantage à suivre : il ne semble pas que nous en ayons été impressionnés.

Tout a été dit sur ce sujet : à l'avantage manifeste que procurerait à nos orateurs le calme d'une salle attentive, s'oppose le charme de ces conversations particulières qui constitue le grand attrait de nos séances du lundi.

Ne suffirait-il pas pour donner satisfaction à tous que ces conversations ne deviennent jamais ni trop nombreuses ni trop bruyantes?

Si vous consentiez à tenter un effort sérieux en ce sens, votre Président se tiendrait pour grandement satisfait, mais il ne se fait guère d'illusion à cet égard : il sait que tout à l'heure, vous allez reprendre avec plus ou moins d'animation ces échanges d'idées auxquels vous êtes si attachés.

Aussi *A-Dieu-va*, dirai-je dans le langage des marins, non sans toutefois avoir exprimé le vœu que l'année 1935 nous épargne la série de ces deuils cruels qui ont assombri la dernière et qu'elle apporte à notre Académie un

regain d'activité dans toutes les branches de la science, avec son cortège de découvertes importantes et d'acquisitions utiles au bien-être de nos semblables.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice sur M. de Sitter, *Correspondant de l'Académie*, par M. **Ernest Esclangon**.

Avec W. de Sitter, décédé à Leyde en novembre 1934, disparaît une grande figure de l'Astronomie. Mathématicien remarquable, observateur de premier ordre, théoricien pénétrant, il joignait à ces éminentes qualités celles d'un profond métaphysicien.

Il avait débuté dans la carrière astronomique, au laboratoire de Groningue dont J. C. Kapteyn était alors directeur. Sir David Gill l'invita à venir au Cap, où de Sitter se rendit effectivement en 1894 et s'y livra à des travaux de photographie céleste. Mais ce qui l'intéressait le plus c'était la discussion des observations de Jupiter qui furent l'origine de recherches théoriques fécondes, poursuivies durant toute sa vie. Il a porté à la perfection la théorie de cette planète et de ses satellites.

Les travaux de de Sitter sont d'une immense variété. Il a touché à toutes les branches de l'Astronomie de position : éléments du système solaire, Tables de la Lune, rotation de la Terre, etc.

En 1928 notamment, il a publié un Mémoire remarquable sur l'étude théorique des variations de durée de la rotation terrestre, par lesquelles ont pu être expliquées certaines inégalités séculaires de la Lune jusqu'alors assez mystérieuses. Il étudia à ce point de vue la longitude du Soleil par des observations s'échelonnant de 1864 à 1900.

Dès l'apparition de la relativité, de Sitter, se jeta résolument dans l'étude difficile des questions qu'elle soulevait, principalement dans ses répercussions astronomiques. Ses travaux, sur la structure, sur l'équilibre et les dimensions de l'Univers, sont justement célèbres. Il est l'auteur d'une théorie originale qu'il a développée longuement par voie mathématique, bien connue des théoriciens de la relativité sous le nom d'Univers de de Sitter.

dans lequel le temps se trouve associé à l'espace d'une manière beaucoup plus étroite que dans l'Univers d'Einstein, « cylindrique » par rapport à la coordonnée temps. Sa théorie explique le déplacement vers le rouge, du spectre des nébuleuses lointaines. Elle a cependant le défaut de supposer nulle la densité de l'Univers; lacune comblée depuis par divers théoriciens et par lui-même avec l'hypothèse d'une « expansion » de l'Univers.

Par la grande variété et la grande profondeur de ses travaux, de Sitter s'est acquis une renommée mondiale. Sa disparition constitue une très grande perte dans le monde de la pensée scientifique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur* l'Intégration logique *des équations de la Dynamique à deux variables : Forces conservatives. Intégrales cubiques. Mouvements dans le plan.* Note [1] de M. **Jules Drach**.

A. La résolution du problème de Dynamique à deux degrés de liberté pour un système conservatif, exige l'intégration, *quel que soit h*, de l'équation

$$f = \frac{pq}{\lambda} - U = h. \tag{1}$$

où λ et U sont des fonctions de x et y, p, q les dérivées d'une fonction z. Les cas qui se présentent d'abord dans l'étude de la *réduction* de (1) sont ceux où il existe une intégrale φ, *rationnelle* en p, q, de l'équation $(f, \varphi) = 0$; une quadrature, où h demeure arbitraire, permet d'obtenir la dernière intégrale du problème (Jacobi, J. Liouville).

Ceci s'interprète aussi dans le domaine (x, y, y'), où y est défini par une équation ordinaire du second ordre, déduite des expressions

$$p = \sqrt{\lambda(U+h)}\,y'^{\frac{1}{2}}, \qquad q = \sqrt{\lambda(U+h)}\,y'^{-\frac{1}{2}}$$

et de la condition d'intégrabilité de $dz = p\,dx + q\,dy$; la dernière intégrale est donnée par $\partial z/\partial\varphi = \psi$, la quadrature porte sur z ou sur $\partial z/\partial\varphi$.

Les cas les plus simples sont ceux où φ est un polynome entier en p, q dont tous les termes sont de même parité $\varphi = \varphi_m + \varphi_{m-2} + \ldots$. On obtient pour déterminer les coefficients de φ, λ et U un système *surabondant* d'équations, l'excès du nombre des équations sur celui des inconnues croissant avec m.

---

[1] Séance du 26 décembre 1934.

Un groupe de ces équations, indépendant de U, exprime l'*involution* de pq/λ et de φ_m, c'est-à-dire que φ_m est une intégrale du problème des *géodésiques* pour l'élément linéaire $ds^2 = 4\lambda\, dx\, dy$. Les solutions (λ, U) sont donc à rechercher parmi les fonctions λ, pour lesquelles le problème des géodésiques admet *au moins* une intégrale entière en p, q, de degré m.

Il résulte de là, en raison de l'existence possible de plusieurs intégrales de degré m, une décomposition du problème général, même pour les petites valeurs $m = 3, 4, \ldots$, qui en accroît la difficulté.

B. *Intégrales quadratiques*. — Le cas d'une intégrale *quadratique* est exceptionnel : il y a autant d'équations que d'inconnues. L'intégrale s'écrit $\varphi = \varphi_2 + \varphi_0$, ou encore

$$\varphi = ap^2 + 2bpq + cq^2 + \Delta.$$

et l'on trouve immédiatement $\partial a/\partial y = \partial c/\partial x = 0$; dans le domaine (x, y, y'), l'intégrale prend la forme

$$\varphi = \lambda(U + h)\left[ay' + 2b + \frac{c}{y'}\right] + \Delta,$$

et l'équation qui définit les *caractéristiques d'Ampère*, $\partial\varphi/\partial y' = 0$, donne $ay'^2 - c = 0$: elle est *indépendante* de h. Avec les variables *canoniques*, $a = 1$, $c = 1$ et les deux caractéristiques sont $\alpha = y - x$ pour $y' = 1$, $\beta = y + x$ pour $y' = -1$.

En exprimant que φ est, *quel que soit h*, une fonction de α pour $y' = 1$ et une fonction de β pour $y' = -1$, on a toutes les équations nécessaires pour obtenir a, b, c, Δ, λ, U, à l'aide de deux fonctions arbitraires de α et de deux fonctions de β; d'où *la solution de Liouville*, *obtenue sans intégration*.

Un résultat aussi simple, sans particulariser x, y, s'obtient en posant $a = 1/\xi'^2$, $c = 1/\eta'^2$, ce qui donne les caractéristiques $\xi + \eta$ et $\xi - \eta$.

C. *Intégrales cubiques*. — Si l'on cherche à déterminer les intégrales *cubiques* : $\varphi = \varphi_3 + \varphi_1$, ou, en explicitant

$$\varphi = a_0 p^3 + 3a_1 p^2 q + 3a_2 pq^2 + a_3 q^3 + 3(b_0 p + b_1 q),$$

on trouve entre les a_i et λ des relations qui donnent $a_0 = X$, $a_3 = Y$ et ensuite un système (G)

$$\text{(G)}\quad \frac{\partial X\lambda}{\partial x} + \frac{\partial a_1\lambda}{\partial y} = \frac{2}{3}\lambda X', \qquad \frac{\partial Y\lambda}{\partial y} + \frac{\partial a_2\lambda}{\partial x} = \frac{2}{3}\lambda Y', \qquad \frac{\partial a_1\lambda^2}{\partial x} + \frac{\partial a_2\lambda^2}{\partial y} = 0;$$

il reste un système de quatre équations entre les b_i, U, a_i, λ. J'en ai déduit

les expressions $b_0 = \sigma \partial U/\partial y$, $b_1 = -\sigma \partial U/\partial x$ et l'intégrale

$$\lambda\sigma = -2\omega + \Phi(U),$$

où ω est la fonction définie par $a_1\lambda^2 = -\partial\omega/\partial y$, $a_2\lambda^2 = \partial\omega/\partial x$.

La fonction $\Phi(U)$, *a priori* arbitraire, se réduit à une *constante* car le remplacement de U par $U + k$ ne doit pas modifier les a et λ; cette constante s'ajoute à ω. On obtient alors pour déterminer U deux équations linéaires

$$(K) \qquad \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = \frac{a_0\lambda^2}{2\omega}\frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial\tau}{\partial y}\frac{\partial U}{\partial y}; \qquad \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = -\frac{a_3\lambda^2}{2\omega}\frac{\partial U}{\partial y} - \frac{\partial\tau}{\partial x}\frac{\partial U}{\partial x}$$

où l'on a posé $\tau = \log\left(\lambda\omega^{-\frac{3}{2}}\right)$.

La condition de compatibilité de (K) exige *en général* que U soit déterminé, à un facteur constant près, avec les a_i et λ. Elle donne pour cela, entre les a_i et λ, de nouvelles relations. Il est essentiel de rechercher les cas où U peut dépendre d'*un plus grand nombre de constantes;* (K) admet alors *trois* solutions linéairement distinctes que l'on peut aussi regarder comme les *coordonnées d'un point d'une surface rapportée à ses asymptotiques*. Cela conduit à deux relations entre les a_i et λ qui s'ajoutent à (G).

D. *Application aux mouvements dans le plan.* — L'expression générale de φ_3 composée avec p, q, $px - qy$ s'écrit dans le domaine (x, y, y')

$$\varphi_3 = (U + h)^{\frac{3}{2}} y'^{\frac{-3}{2}} P(y'),$$

où $P(y')$ est un polynome du troisième degré en y', formé avec y' et $xy' - y$, ou encore

$$P = \frac{\partial^3\theta}{\partial y^3} y'^3 - \frac{\partial^3\theta}{\partial y^2\,\partial x} y'^2 - \frac{\partial^3\theta}{\partial y\,\partial x^2} y' - \frac{\partial^3\theta}{\partial x^3},$$

où θ satisfait aux deux équations

$$(A) \qquad \frac{\partial^4\theta}{\partial x^4} = \frac{\partial^4\theta}{\partial y^4} = 0.$$

Le système en U est formé de la relation

$$(K) \qquad \frac{2}{3}\frac{\partial^2\theta}{\partial x\,\partial y}\frac{\partial^2 U}{\partial y^2} = \frac{\partial^3\theta}{\partial y^3}\frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial^3\theta}{\partial x\,\partial y^2}\frac{\partial U}{\partial y}$$

et de la relation obtenue en permutant x et y; ses conditions d'involution sont deux équations (B) du *cinquième* ordre en θ. J'ai pu former les solutions communes à (A) et (B) et obtenir les *types* de polynomes P qui conduisent à des intégrales cubiques; j'indique ici l'expression générale de U

avec trois constantes α, β, γ. Les valeurs des b_i sont $b_0 = -2\omega\, \partial U/\partial y$, $b_1 = 2\omega\, \partial U/\partial x$, où $\partial^2 \theta/\partial x\, \partial y = 3\omega$, ω comportant parfois une constante additive *essentielle*.

(*a*)
$$P = (xy' - y)^2, \qquad 2\omega = x^2 y^2,$$
$$U = \frac{\alpha}{xy} + \beta x^{r_1} y^{r_2} + \gamma x^{r_2} y^{r_1},$$

r_1, r_2 racines de $r^2 + 3r + 3 = 0$;

(*b*)
$$P = 3(xy' - y)^2 (y' + \mu_0), \qquad \omega = xy(y - \mu_0 x),$$
$$U = \frac{\alpha}{\sqrt{xy}} + \frac{\beta}{(y - \mu_0 x)^2} + \frac{\gamma (y + \mu_0 x)}{\sqrt{xy}\,(y - \mu_0 x)^2};$$

(*c*)
$$P = 3(xy' - y)(y'^2 - a^2), \qquad 2\omega = y^2 - a^2 x^2,$$
$$U = \alpha xy + \frac{\beta}{(y - ax)^2} - \frac{\gamma}{(y + ax)^2};$$

(*d*)
$$P = 3[(xy' - y)^2 - a^2 y'^2], \qquad \omega = -y(x^2 - a^2),$$
$$U = \frac{\alpha}{\sqrt{y(x - a)}} + \frac{\beta}{\sqrt{y(x + a)}} + \frac{\gamma x}{\sqrt{x^2 - a^2}}.$$

Ce cas est *singulier*, $a_0 = 0$. On peut en rapprocher le cas, en apparence différent, où $P = 3y'[(xy' - y)^2 + \nu_1]$, obtenu par échange de x et y.

(*e*)
$$P = 3.2y'(xy' - y), \qquad \omega = -2xy,$$
$$U = \frac{\alpha}{\sqrt{xy}} + \frac{\beta}{\sqrt{x}} + \frac{\gamma}{\sqrt{y}},$$

U est aussi le produit d'une fonction de x par une fonction de y, si l'on tient compte de la constante additive. Ce cas est *singulier*, $a_0 = a_3 = 0$.

(*f*)
$$P = 3(xy' - y), \qquad 2\omega = x^2 + c,$$
$$U = \alpha xy + \beta y \frac{2x^2 + c}{\sqrt{x^2 + c}} + \gamma \frac{x}{\sqrt{x^2 + c}};$$

(*g*)
$$P = y'^3 - 3my'^2 - 9m^2 y' - 27m^3 = (y' + 3m)^2 (y' - 3m),$$
$$\omega = -m(y - 3mx); \qquad U = \frac{\alpha}{(y + 3mx)^2} + \beta(y - 3mx) + \gamma(y - mx)(y - 9mx).$$

(*h*)
$$P = y'^3 - 3my'^2 - m^2 y' - \frac{m^3}{27} = \left(y' - \frac{m}{3}\right)\left(y'^2 - \frac{10m}{3} y' - \frac{m^2}{9}\right),$$
$$\omega = -m\left(y - \frac{mx}{3}\right);$$
$$U = \frac{\alpha}{\left(y + \frac{m}{3} x\right)^{\frac{2}{3}}} + \frac{\beta\left(y - \frac{m}{3} x\right)}{\left(y + \frac{m}{3} x\right)^{\frac{2}{3}}} + \gamma \frac{4\left(y - \frac{m}{3} x\right)^2 - 3\left(y + \frac{m}{3} x\right)^2}{\left(y + \frac{m}{3} x\right)^{\frac{2}{3}}}.$$

Signalons encore les cas *types* immédiats :

$$(k)\qquad P = 3y'^2,\qquad \omega = -y,\qquad U = \alpha y^{-\frac{3}{2}} + \beta x y^{-\frac{5}{2}} - \gamma x.$$

$$(l)\qquad P = 3y' + \rho,\qquad \omega = x,\qquad U = \alpha\left(y - \frac{\rho}{3}x\right) - \beta x^{-\frac{1}{2}} + \gamma x^{-\frac{1}{2}}(y - \rho x),$$

et nous aurons épuisé les *types* de mouvements dans le plan qui possèdent des intégrales *cubiques* en p, q. Les constantes μ_0, a, ... pourraient encore être fixées.

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Acclimatation et dégénérescence des sortes d'Orges de brasserie* (Hordeum distichum *L.*). Note de M. **Louis Blaringhem**.

Les observations de M. E. Miège relatives à la dégénérescence de sortes pédigrées d'Orges de brasserie provenant d'Europe, à la suite de cultures répétées au Maroc ([1]) me donnent l'occasion de justifier les dispositions prises dès 1905, et résumées en 1910 dans mon ouvrage *L'Amélioration des crûs d'Orges* ([2]), dans le contrôle des sortes et d'insister sur les conditions nécessaires et suffisantes pour remédier à ces altérations.

Dès 1905, j'avais reconnu la nécessité d'un contrôle régulier des épis des sortes pédigrées originaires de Svalöf (Suède), en particulier des sortes *Hordeum distichum erectum* α : *Svanhals* et *Primus*, qu'un été très sec avait altérées après cultures sur terres crayeuses de Picardie et de Beauce, alors que les témoins cultivés à Bourg-la-Reine (Seine) montraient la constance des caractères. Ce sont ces altérations des sortes d'origines étrangères, dues au climat, qui m'ont décidé à préparer les sortes locales ou crus d'Orges. J'ai donné en 1910 l'indication du processus par lequel se produit cette dégénérescence et fourni en 1921 des preuves expérimentales ([3]) de la disjonction anormale des hybrides interspécifiques qui sont l'explication des phénomènes décrits par M. Miège. En voici quelques conclusions (p. 227) :

« Les caractères morphologiques visibles sur les grains de l'Orge sont des signes commodes pour distinguer certaines sortes...; ils se transmettent régulièrement par le semis chez un assez grand nombre de lignées...; il

([1]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 87.

([2]) Chapitre 3, § **2**, p. 189-193 : *Mode probable d'origine des espèces élémentaires d'Orges cultivées.*

([3]) *Ann. Sc. Agronomiques franc. et étr.*, 1921, 6e série, p. 177-230 et 2 pl.

apparaît des irrégularités dans les croisements entre les sortes *nutans* et *erectum*, ou entre les sortes *erectum*, combinées entre elles. Il est possible de ramener les irrégularités à un schéma mendelien en faisant une hypothèse relative aux affinités réciproques des pollens et des ovules des lignées hybrides stables.

» L'hypothèse à laquelle je m'arrête permet d'expliquer les déviations singulières produites par le climat, le terrain ou les conditions de culture, au pourcentage attendu des disjonctions. » Et sur ce point, je puis donner des compléments de preuve.

Une de mes élèves, Mme Sosa-Bourdouil, a montré dans sa Thèse de doctorat (1) que pour le cas le mieux établi de l'hérédité mendelienne, croisement entre Pois amylacé et Pois sucré, les déviations à la règle numérique des disjonctions ne sont qu'apparentes; il y a en réalité substitution de deux états diastasiques, ou de fonctions amylogènes; ce qui est hérité selon les lois du calcul des probabilités, ce ne sont pas des réactions d'êtres vivants, mais bien des réactions extérieures à la vie et particulières aux êtres vivants.

Or cette démonstration n'a pu être faite que pour des croisements entre lignées de la même espèce *Pisum sativum* L.; elle n'est pas valable pour les hybrides entre espèces *Pisum arvense* et *P. sativum*, qui fournissent des étapes intermédiaires dans la condensation en plus des retours aux parents. Aussi faut-il tenir compte dans la sélection des céréales, et surtout dans la sélection de celles qui comme l'Orge de brasserie sont sélectionnées en vue de l'utilisation des diastases et des réserves amylacées, de l'ascendance en évitant l'emploi des hybrides entre espèces; aucune garantie de stabilité ne peut être fournie pour les sortes du type des *Hordeum distichum erectum* dont l'origine hybride est certaine ou probable. Or, il arrive que ces Orges hybrides d'une culture facile, à épis serrés, compacts, résistent bien à la verse et supportent les fumures azotées dont l'emploi depuis 30 années ont transformé complètement la culture des céréales alimentaires.

Doit-on pour des raisons théoriques abandonner les essais d'acclimatation de nos meilleures sortes d'Orges de brasserie dans d'autres régions que celles de leur origine spontanée ou artificielle? Je ne le pense pas et d'ailleurs cette acclimatation se fait malgré les dangers de dégénérescence, et par cette dégénérescence même échappe au contrôle; d'où les irrégularités si nombreuses constatées dans les croisements artificiels des céréales de

(1) Mme Sosa-Bourdouil, *Bull. Biol. France et Belgique*, 68, 1934, p. 250 à 340.

l'Afrique du Nord dont les souches sont européennes, qu'il s'agisse d'Avoines, de Blés ou d'Orges.

Mais c'est précisément parce qu'il s'agit de sélection et de dégénérescence, c'est-à-dire de l'action du milieu ambiant et de triage, qu'il faut avoir recours aux méthodes de contrôle statistique, complétant les méthodes de contrôle botanique; j'ai toujours considéré l'emploi des méthodes statistiques comme indispensable dans la préparation et le contrôle des semences de céréales en France, précisément à cause de la diversité des régions sèches ou humides, crayeuses ou limoneuses, de plaine ou d'altitude où doivent être cantonnés les crus pour mériter ce nom. J'ai insisté sur le choix des caractères fluctuants que doivent suivre l'acclimateur comme le sélectionneur, écartant la grosseur des grains, le nombre et la taille des chaumes, pour recommander l'examen, chaque année et pour chaque lot d'origine différente, de la compacité de 100 épis, les premiers développés sur 100 plantes prises au hasard. Cette étude permet la découverte des lots altérés par la dégénérescence, alors même que les caractères botaniques visibles sur les grains ne sont pas modifiés; pour les mêmes raisons et par réciprocité, la méthode donne une sécurité presque absolue dans l'emploi des semences qui ont subi ce contrôle avec rigueur. J'ai montré, dans une étude sur la dégénérescence des Lins, à quelle précision on peut aboutir par l'emploi judicieux des règles de Quetelet, puisque ici j'ai pu établir que l'altération de la lignée était due à une différence de l'éclairement durant la période qui précède la floraison (¹).

En résumé, la stabilité des descendances hybrides d'Orges à deux rangs est assez marquée pour être maintenue pendant de nombreuses générations dans les conditions de climat, de terrain, de culture qui ont permis leur isolement et leur stabilisation; pour ces sortes hybrides, il y a des années, des circonstances critiques qui entraînent la dégénérescence, souvent même la disjonction et il est indispensable de substituer, à ces lots, des semences non altérées conservées dans les centres d'origine. Mais il faut se rappeler que la stabilité et l'homogénéité des lignées même autofécondées est l'exception, que la variabilité désordonnée est la règle; que le contrôle statistique doit compléter le contrôle botanique des semences.

(¹) L. Blaringhem, *Revue de Bot. appl. et Agricult. trop.*, n° 39, 1924, p. 743.

GÉOLOGIE. — *Tectonique de la bordure externe de la zone du Flysch de l'Embrunais, entre le Drac et la Durance (massifs de Piolit et des Autanes, Hautes-Alpes).* Note (¹) de MM. **Maurice Gignoux** et **Léon Moret.**

Comme nous l'avons dit (²), nos prédécesseurs ne distinguaient dans cette région que deux grandes unités tectoniques, la zone dauphinoise autochtone et la zone (ou nappe) du Flysch de l'Embrunais.

Nous avons été conduits à modifier ainsi cette conception :

1° Nous avons individualisé une *zone ultra-dauphinoise* : c'est la partie orientale, décollée et replissée, de la couverture autochtone du Pelvoux, s'enfonçant sous la grande nappe de l'Embrunais. Nous l'avons appelée ainsi parce que son style tectonique et ses caractères stratigraphiques sont déjà un peu différents de ceux des faciès dauphinois normaux; à ce double titre, elle évoque la zone ultra-helvétique des Préalpes savoisiennes et suisses. Dans notre région (³), cette zone s'étend vers l'Est jusqu'à la base de la nappe; son bord oriental peut se suivre depuis Orcières jusqu'au Sud du Col de Moissière, en passant par Pont du Fossé, Ancelle et la Tour Saint-Philippe. On a là une succession d'écailles, où dominent les sédiments schisteux (schistes noirs à Posidonomyes du Callovo-Oxfordien, schistes à Globigérines priaboniens), au milieu desquels se détachent çà et là des lames de calcaires clairs à petites Nummulites. Aux abords d'Orcières et du Col de Moissière, une zone de blocs calcaires variés (Malm, Néocomien, Sénonien, Priabonien), emballés dans les schistes précédents et dans le Flysch charrié, joue le rôle d'une sorte de Wildflysch jalonnant la base de la nappe : ainsi des matériaux provenant de la nappe s'y mélangent avec ceux provenant de l'autochtone, ce qui rend la cartographie de détail impossible.

2° Au-dessus, nous avons montré (*loc. cit.*) que la partie inférieure (externe) de la nappe du Flysch était formée, non seulement par du Tertiaire, mais surtout par une bande complexe de calcaires et calcschistes

(¹) Séance du 10 décembre 1934.

(²) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1081. Voir aussi la carte structurale de M. Gignoux et L. Moret, *Annales de Géographie*, 43ᵉ année, nº **244**, 1934, p. 337.

(³) Rappelons qu'en dehors de notre champ d'études, elle est typiquement représentée au Nord du Drac par les écailles de Soleil-Bœuf (P. Lory), au Sud du Drac par les petits massifs du Puy de Manse et de Rochette, enfin dans la vallée de l'Ubaye par les écailles de Saint-Vincent et de Roche-Rousse, au pied du Morgon.

mésozoïques constituant notre *zone subbriançonnaise*. Elle se prolonge à l'Est et au Sud dans les massifs de Chabrières et du Morgon, et là, D. Schneegans a distingué, d'après les faciès, des *écailles inférieures* et *supérieures*. Seules les premières sont représentées dans notre région : les calcaires jurassiques et crétacés y ressortent en falaises, et leur constitution stratigraphique a été décrite dans notre Note précédente. Au Nord du Drac elles sont laminées : Boussac a montré que là le Flysch charrié reposait directement sur le Nummulitique autochtone. Elles ne s'individualisent qu'au Sud de Pont-du-Fossé, pour se poursuivre vers l'Ouest dans la base de la Petite-Autane jusqu'au Cuchon ; puis elles viennent constituer tout le fond de la haute vallée d'Ancelle, dans le cirque de Rouanne (ici deux écailles principales, avec noyaux de Dogger, sont bien individualisées) ; elles s'étalent largement dans tout le massif de Piolit, depuis les abords du Col de Moissière jusqu'au Col séparant Piolit de la Pousterle; là elles s'enfoncent sous le Flysch et le Mésozoïque des écailles supérieures de la Pousterle-Chabrières, que nous ne décrirons pas.

3° Enfin la zone subbriançonnaise s'enfonce à l'Est sous la large zone du Flysch de l'Embrunais proprement dit, comprenant, au-dessus d'un Flysch noir (Lutétien) réduit et laminé, les énormes masses du *Flysch à Helminthoïdes;* ce contact est certainement anormal, car nous avons déjà vu que, vers Orcières, le Flysch charrié repose directement sur le Nummulitique autochtone; et d'autre part, au Nord et au Sud d'Ancelle, ce Flysch déborde vers l'extérieur la zone subbriançonnaise et vient encapuchonner les écailles ultra-dauphinoises. Rappelons que plus à l'Est le Flysch à Helminthoïdes apparaît comme la couverture normale du Mésozoïque de la *zone du Briançonnais*. Il représente probablement l'enveloppe commune, décollée au niveau du Flysch noir basal, de la zone briançonnaise et de la zone subbriançonnaise; en tout cas, il s'oppose nettement par son faciès au Nummulitique ultra-dauphinois, lequel comporte toujours la trilogie subalpine classique : calcaires priaboniens à petites Nummulites, schistes, grès.

Conclusions. — Il y a une opposition très frappante entre le style tectonique de la grande masse du Flysch à Helminthoïdes et celui des écailles subbriançonnaises et ultra-dauphinoises. Ces dernières sont irrégulièrement laminées et tronçonnées de la façon la plus capricieuse. Au contraire, le Flysch à Helminthoïdes n'est jamais laminé : la structure régulière de ses empreintes énigmatiques ne montre pas la moindre trace de déformation tangentielle, et de grandes charnières à flancs parfaitement

symétriques s'y dessinent partout. On pourrait qualifier ce style de *tectonique d'écoulement libre*, par conséquent *superficiel;* tout se passe comme si la grande masse du Flysch s'était écoulée vers l'Ouest, jouant le rôle de *traîneau écraseur* vis-à-vis de son substratum.

Si l'on se rappelle que, plus à l'Est, ce Flysch forme la couverture normale de la grande zone du Briançonnais, dans laquelle le Mésozoïque lui-même garde un style tectonique large, en grands plis couchés (exemple les nappes du Guil), simplement plus laminés que le Flysch parce que plus profonds, on pourra dire que, dans notre région, l'élément moteur essentiel, le grand traîneau écraseur, n'est autre que la zone du Briançonnais, qui s'est écoulée vers l'Ouest; les zones subbriançonnaise et ultra-dauphinoise ne sont que des bavures en *festons*, jalonnant la base de ce grand écoulement; mais elles ont l'intérêt de nous permettre de reconstituer les changements progressifs de faciès conduisant du type dauphinois au type briançonnais.

Une pareille opposition de style se retrouve plus au Nord lorsque apparaissent les Préalpes; les Médianes, avec leurs grands plis simples, non laminés, représentent le traîneau écraseur, tandis que les Bordières (ultra-helvétiques et nappe du Flysch du Niesen) ont le même style tectonique en écailles que nos zones subbriançonnaise et ultra-dauphinoise. Notons d'ailleurs que ces analogies tectoniques n'entraînent pas forcément des correspondances de faciès; en particulier nous croyons que les faciès subbriançonnais peuvent fort bien se prolonger dans tout ou partie des Médianes.

M. M. d'Ocagne fait hommage à l'Académie d'une *Étude rationnelle du problème de la trisection de l'angle* (1), dans laquelle il classe logiquement toutes les solutions approchées qui ont été données de ce problème, les unes *anormales*, les autres *normales à écart fermé* ou à *écart ouvert*. Il aboutit à une solution de ce dernier type, qui semble plus simple que toutes celles connues jusqu'à ce jour et qui peut s'énoncer ainsi : Soit, dans un cercle de centre O, à trisecter l'angle aigu compris entre les rayons OA et OB, le premier d'entre eux coupant, en outre, le cercle en A'. *Si* M *est le milieu de l'arc* AB, I *le milieu du rayon* OA', *la trisectrice de l'angle* AOB *est parallèle à la droite* IM.

(1) Extraite de l'*Enseignement mathématique*, t. 33 1934, p. 49.

L'erreur reste moindre que 10″ pour tout angle inférieur à 45°. Il est d'ailleurs facile de réduire toujours le problème à ce dernier cas.

M. **Léon Guillet** présente un premier volume qui vient de paraître dans la collection qu'il dirige, *Monographies technologiques : L'Électricité dans l'Usine*, par M. Monnier, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures. Cet ouvrage a trait aux moteurs électriques, aux principaux emplois de l'énergie électrique, à l'appareillage, à la transformation d'énergie, à la distribution.

NOMINATIONS.

M. le **Directeur du Muséum national d'histoire naturelle** prie l'Académie de vouloir bien se faire représenter aux fêtes du *Troisième Centenaire* de cet Établissement, du 24 au 29 juin 1935. L'Académie désigne le **Bureau**, les **Sections de Botanique** et **d'Anatomie et Zoologie**, MM. **L. Lapicque** et **R. Fosse**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces de la Correspondance :

Le *Discours* prononcé par M. Jules Ramas, président de la Société des Anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers, à la Sorbonne, pendant la cérémonie de la Remise de la Croix de la Légion d'honneur aux Écoles nationales d'Arts et Métiers.

MM. **Charles Poisson**, **Paul Portier** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Directeur de l'Institut national agronomique** adresse des remercîments pour une subvention attribuée sur le *Fonds Loutreuil*.

MM. **J. Villard** et **H. Humbert** adressent des Rapports sur l'emploi qu'ils ont fait des subventions accordées sur le *Fonds Loutreuil* en 1929 et 1933.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations de Fredholm complexes à noyaux uniformes.* Note de M. **S. A. Janczewski**, présentée par M. Hadamard.

J'étudie les équations intégrales dont le premier membre est $y(z)$ ou $y(z) - f(z)$, et le second membre une des intégrales

$$\text{(I)}\quad \lambda\int_C K(z,t)y(t)\,dt, \qquad \text{(II)}\quad \lambda\int_C K(z,t)y(t)\,d\sigma,$$

$$\text{(III)}\quad \lambda\int_C K(z,\bar t)y(t)\,d\sigma, \qquad \text{(IV)}\quad \lambda\int_C K(z,\bar t)y(\bar t)\,d\sigma.$$

C est ici une courbe donnée du plan complexe, le long de laquelle varie t; $d\sigma$ l'élément arc; $\bar t$ conjugué à t; f et K fonctions données. z varie dans un domaine D enfermant C. L'équation (III) est liée aux fonctions orthogonales de Szegö Smirnoff, et (IV) peut être utilisée en élasticité. Prenons pour $f(z)$ et $K(z,t) = G(z,t)/H(z,t)$ [ou $K(z,\bar t) = G(z,\bar t)/H(z,\bar t)$] des fonctions analytiques uniformes de z et t [de z, $\bar t$], z variant dans D et t sur C et dans le voisinage de C [$\bar t$ sur $\bar C$, courbe conjuguée à C]. Elles peuvent posséder les singularités suivantes [1]: pôles $z = b_1$, ... de $f(z)$; pôles fixes $z = e_1$, ... de K; lignes E_1, ... provenant des pôles mobiles de K, telles qu'on ait $H(z,t) = 0$, [$H(z,\bar t) = 0$] quand z varie sur E et t sur C [$\bar t$ sur $\bar C$]. Alors $y(z)$ *défini en premier lieu sur* C *est régulier analytique dans* D, *sauf des* b, e, E. Chaque point b ou e est pour $y(z)$ en général un pôle du même ordre que pour $f(z)$ ou K, mais cet ordre peut être parfois abaissé. Si nous avons, par exemple, un pôle e pour l'équation non homogène (II), et si le noyau résolvant est mis sous forme

$$\gamma(z,t,\lambda) = \sum_{k=-\mu}^{+\infty} a_k(t,\lambda)(z-e)^k,$$

[1] Que nous supposons situées en dehors de C.

il faut et il suffit, pour que e soit point d'holomorphie $y(z)$, que

$$\int_C a_{-\nu}(t,\lambda)f(t)\,d\sigma=0 \qquad (\nu=1,2,\ldots,\mu)\ \text{[1]}.$$

Supposons maintenant que z s'approche (par une voie non tangente) d'un point $z=a$ de E, correspondant à $t=\alpha$ de $C[\bar{t}=\bar{\alpha}$ de $\bar{C}]$. Prenons par exemple l'équation (III) [pour (I), (II), (IV), un raisonnement anlogue]. Autour de $(a,\bar{\alpha})$ on a (en posant $t-\alpha=\tau$)

$$H(z,\bar{t})=\psi(z,\bar{t})\Omega(z,\bar{t})=\{\bar{\tau}^n+B_1(z)\bar{\tau}^{n-1}+\ldots\}\Omega(z,\bar{t}),$$

la fonction $\Omega(z,\bar{t})$ ne s'annulant plus autour de $(a,\bar{\alpha})$, $B_k(z)$ régulières avec $B_k(a)=0$. Soient $(\alpha-\varepsilon_1,\alpha,\alpha+\varepsilon_2)$ un petit arc de C contenant α; Γ, $\bar{\Gamma}$ deux arcs correspondants décrits par τ et $\bar{\tau}$. L'intégrale $\int_{C-(\alpha-\varepsilon_1,\alpha+\varepsilon_2)}$ sera holomorphe en z autour de $z=a$ et pour obtenir la singularité de $y(z)$ pour $z\to a$ il ne restera qu'à étudier l'intégrale singulière

$$\mathcal{J}_1=\lambda\int_{\alpha-\varepsilon_1}^{\alpha+\varepsilon_2}\frac{G/\Omega.y(t).d\sigma}{\psi(z,\bar{t})}.$$

Mettons pour le moment que le pôle mobile en question est simple :

$$\psi(z,\bar{t})=\overline{t-\alpha}-B(z)=\bar{\tau}-\xi \qquad [\xi=B(z)]$$

et que sur C on a $d\sigma=\sigma'(t)\,dt\,[\sigma'(t),\sigma''(t)]$ continues. Alors

$$\mathcal{J}_1=\mathcal{J}_2+\mathcal{J}',\qquad \mathcal{J}_2=\lambda y(z)\frac{G(z,\bar{t})}{\Omega(z,\bar{t})}\bigg|_{\bar{\tau}=\xi}\int_{\bar{\Gamma}}\frac{d\bar{\tau}}{\bar{\tau}-\xi},$$

$\mathcal{J}'$ fonction régulière de z en dehors de E et continue quand z croise E et ξ croise $\bar{\Gamma}$, par exemple fonction holomorphe de z, l'arc de E inclus. Ainsi l'intégrale $\mathcal{J}_2$ où $z\to a$ et $\xi\to 0$ nous donne le théorème : *Si le long de* C $\sigma'(t)$, $\sigma''(t)$ *sont continues, alors pour la solution* $y(z)$ *des équations* (I-IV) E *est une coupure artificielle et* $y(z)$ *est prolongeable au delà de* E. *Les points de* E *correspondant aux points anguleux* [2] *et aux extrémités de* C *sont des points logarithmiques pour la fonction prolongée. Le saut de* $y(z)$, z *tra-*

---

[1] Si nous avons un pôle $z=b=e$, les conditions sont analogues à celles de M. Platrier (*Comptes rendus*, 157, 1913, p. 28; 162, 1916, p. 118), quoiqu'il s'agissait là de l'intégration sur l'axe réel où était situé aussi le pôle.

[2] Dans les cas (II-IV).

versant E *en* a, *est égal à*

$$2\pi i\lambda\frac{G(a,\alpha)}{H'_\alpha(a,\alpha)}y(\alpha) \quad \text{ou} \quad y(\alpha)\sigma'(\alpha) \quad \text{pour (I, II)};$$

$$2\pi i\lambda\frac{G(a,\bar\alpha)}{H'_{\bar\alpha}(a,\bar\alpha)}\overline{\sigma'(\alpha)}y(\alpha) \quad \text{ou} \quad \overline{y(\alpha)} \quad \text{pour (III, IV)}\ (^1).$$

Si C est une courbe d'un type plus général, la question dépend de l'intégrale du type Cauchy $\int_\Gamma \frac{d\sigma}{\tau - z}\cdot y(z)$ a en général presque partout sur E des valeurs limites, etc. Dans le cas d'un pôle mobile multiple, quand

$$\psi(z, \bar t) = [\bar\tau - B(z)]^m,$$

on doit étudier des intégrales $\int_\Gamma \frac{d\sigma}{[\bar\tau - B(z)]^k}$ $(k = 1, 2, \ldots)$. Si $\sigma'(t), \ldots, \sigma^{(m+1)}(t)$ sont continues, on peut intégrer par parties et calculer ainsi le saut de $y(z)$ quand z croise E. Si l'on a une « étoile », par exemple un point $z = a$ d'intersection des courbes E_k, on peut écrire

$$\psi(z, \bar t) = [\bar\tau - B_1^*(z)]^{k_1}[\bar\tau - B_2^*(z)]^{k_2}, \quad \ldots$$

et décomposer $1/\psi$ en fractions simples. La question se réduit à la considération de plusieurs intégrales singulières. a est en général un point de ramification pour la fonction prolongée $y(z)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équilibre cinématique.* Note (²) de M. C. **Popovici**, transmise par M. Jules Drach.

Commençons par faire une distinction : une position d'équilibre stable (³) peut être une position *d'équilibre géométrique* sans être une position *d'équilibre cinématique*, en ce sens que le mobile peut, en s'approchant de l'origine (choisie comme position d'équilibre), parcourir un arc infini.

1. Théorème. — *Lorsque la position d'équilibre est un centre* (⁴), *l'équi-*

(¹) Pour les équations (1) les restrictions sur $\sigma'(t)$ n'existent pas et nous retrouvons le résultat de M. Julia (*Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1279; *Journ. de Math.*, 8ᵉ série, 4, 1921, p. 195) obtenu jadis par la méthode du déplacement de C, ce qui est impossible dans les cas (II-IV).

(²) Séance du 26 décembre 1934.

(³) A la Poincaré et Liapounoff, pour $t \to +\infty$.

(⁴) Voir H. Poincaré, *Journal de Liouville*, 4ᵉ série, 1, 1885, p. 172; E. Picard, *Traité d'Analyse*, 3, Chap. IX, 1896, p. 207.

libre cinématique n'existe pas. Nous donnerons l'ordre de grandeur de s spires, lorsque le mobile s'approche du centre.

En effet les équations du mouvement ([1]) peuvent s'écrire

$$(1) \qquad \frac{dx}{dt} = -\alpha y + P_2 + \ldots + P_n + \ldots, \qquad \frac{dy}{dt} = \alpha x + Q_2 + \ldots + Q_n + \ldots$$

(P_n, Q_n, polynomes homogènes de degré n en x, y; (1) holomorphes).

Suivant Poincaré nous allons chercher s'il existe des petites courbes fermées,

$$(2) \qquad C^2 = x^2 + y^2 + F_3 + \ldots + F_p + \ldots$$

[F_p polynome de degré p, homogène en x et y],

qui, pour x et y très petits, sont sensiblement des cercles, et qui se rétrécissent sous le régime (1). On sait (*loc. cit.*) que l'on sera toujours arrêté ([2]), dans la recherche des F, à un polynome d'ordre pair, $2p$, de sorte que

$$(3) \qquad \frac{dC^2}{dt} = -\lambda r^{2p}(1 - r\varepsilon) \qquad (r^2 = x^2 + y^2,\ \varepsilon \text{ série en } x \text{ et } y).$$

Donc, stabilité si $\lambda > 0$. Le mobile décrit chaque tour de spirale dans un temps qui tend vers $T = 2\pi/\alpha$, la longueur de chaque tour s'approchant de $2\pi c_k$, c_k étant le rayon vecteur obtenu quand le tour est achevé. Cherchons l'ordre de grandeur de $\sum_{h=1}^{s} c_k$. Or (3) donne

$$(4) \qquad c_k^2 \geqq c_{k-1}^2 - h_{k-1}^2 c_{k-1}^{2p} > 0, \qquad \text{où } h_k^2 \text{ tend vers } \lambda T.$$

Donc

$$(5) \qquad \frac{c_s^2}{c_1^2} \geqq (1 - h_1^2 c_1^{2(p-1)})(1 - h_2^2 c_2^{2(p-1)}) \ldots (1 - h_{s-1}^2 c_{e-1}^{2(p-1)}).$$

Or, vu (3), c_s tend vers zéro, alors il faut, vu (5), que $\Sigma h_k^2 c_k^{2(p-1)}$ soit *divergente* et, puisque h_k^2 tend vers $\lambda T \neq 0$, $\Sigma c_k^{2(p-1)}$ est divergente et, *a fortiori*, Σc_k; donc l'*arc est infini*.

De l'autre côté de (4), on tire par addition

$$(6) \qquad c_s^2 \geqq c_1^2 - \sum_1^s h_k^2 c_k^{2p} > 0$$

et, comme c_s tend vers zéro, on voit que Σc_k^{2p} est convergente. Donc :

([1]) On suppose le mouvement permanent et à deux dimensions; mais nos conclusions s'étendent aux régimes à variation lente.

([2]) Excepté le cas très rare des trajectoires périodiques.

2. Théorème. — L'équation qui admet comme racines les rayons des spires du mouvement (1) *est du genre* $2p$ et *l'ordre de grandeur de la longueur de s spires est*

$$s^{1-\frac{1}{2(p-\theta)}} \qquad (0<\theta<1).$$

3. Passons au cas général

$$\frac{dx_i}{dt}=\sum a_k^i x_k + \text{séries holomorphes en } x_1, \ldots, x_n. \tag{1'}$$

Lorsque les racines de l'*équation déterminante* ont toutes leurs parties réelles négatives, la trajectoire est une courbe de Jordan, à variation totale finie; le mobile s'approche de l'origine qui est un *foyer* ([1]), en parcourant un arc *fini*, dont il est facile d'établir une majorante. Il y a donc *équilibre cinématique*.

4. Lorsqu'il y a des centres, prenons le cas $n=3$, l'équation déterminante ayant *deux racines imaginaires pures et une nulle* ([2]). Dans une Note ([2]) nous avons étudié la stabilité géométrique. Supposons-la établie et étudions la *stabilité cinématique*. Les équations du mouvement s'écrivent:

$$\frac{dx}{dt}=-y+P_2+\ldots, \qquad \frac{dy}{dt}=x+Q_2+\ldots, \qquad \frac{dz}{dt}=R_2+\ldots. \tag{7}$$

Supposons qu'il existe des petits ellipsoïdes (voir § 3):

$$C^2=x^2+y^2+cz^2+F_3+\ldots \qquad (c \text{ se détermine avec } F_3, \text{ soit } c>0), \tag{8}$$

qui se rétrécissent par le régime (7). En combinant alors la méthode exposée plus haut avec celle exposée dans ma Note citée ([2]), on peut se rendre compte que l'équilibre cinématique n'existe pas.

5. Supposons maintenant que (7) admette l'intégrale (8). Je dis que *sur la surface* (8) *il ne peut pas exister de foyers ni de centres*.

En effet, si le mobile (x, y, z) tend vers un point (x_0, y_0, z_0), alors dx/dt, dy/dt, dz/dt tendent vers 0. Or cela est incompatible avec les $x_0, y_0, z_0 \neq 0$, à moins que ces x_0, y_0, z_0 ne soient à l'intersection des trois surfaces qu'on obtient en annulant les seconds membres de (7); or cela est exclu si nous choisissons comme point de départ x, y, z un point assez voisin de l'ori-

---

([1]) Ce cas ne peut pas arriver pour les milieux continus. Voir ma Note (*Comptes rendus*, 198, 1934, p. 419).

([2]) C'est un cas de double doute sur la stabilité, qui n'a pas été envisagé dans les Mémoires de Liapounoff et Poincaré. Nous l'avons traité dans une Note (*Comptes rendus*, 147, 1908, p. 177).

gine. Le mobile décrira alors sur le presque ellipsoïde (8) un arc infini sur une courbe, qui, ne pouvant pas s'entrecouper (le régime étant permanent), ni s'enrouler autour d'un point, doit s'enrouler autour d'une courbe limite, ou, dans des cas particuliers, se fermer, et alors on aura périodicité.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les fonctions presque périodiques de von Neumann.* Note de M. **André Weil**, présentée par M. Hadamard.

J. von Neumann a récemment étendu la théorie des fonctions presque périodiques aux groupes les plus généraux ([1]); on peut présenter ses résultats comme il suit :

Soit G un groupe quelconque; soient s, t, u, x, y, ... des éléments de G; $f(x)$ une fonction définie sur G. On dit que $f(x)$ est *presque périodique* s'il est possible, quelle que soit la suite s_ν d'éléments de G, d'extraire de la suite de fonctions $f(x s_\nu y)$ une suite partielle convergeant *uniformément* par rapport à x et y. Une telle fonction est évidemment bornée.

Faisant usage d'une idée de Stepanoff et Tychonoff ([2]), nous appellerons *distance* de deux éléments s, t du groupe la borne supérieure $\delta(s, t)$ des valeurs de $|f(x s y) - f(x t y)|$ quand x, y décrivent G; elle satisfait aux relations suivantes :

(1) $$\delta(s, t) = \delta(su, tu) = \delta(us, ut),$$

(2) $$\delta(s, u) \leqq \delta(s, t) + \delta(t, u),$$

(3) $$\delta(ss', tt') \leqq \delta(s, t) + \delta(s', t').$$

Une suite s_ν sera dite convergente, au sens de la distance δ, si

$$\lim_{\mu, \nu \to \infty} \delta(s_\mu, s_\nu) = 0.$$

Dire que f est presque périodique, c'est dire qu'on peut extraire de toute suite une suite convergente.

Identifions alors entre eux tous les éléments de G qui sont à distance nulle les uns des autres : cela revient à former un certain groupe quotient G_1 de G; et complétons le groupe, ainsi « réduit », par l'adjonction de toutes les limites de suites convergentes : d'après (3), on obtient de cette manière un nouveau groupe $\overline{G}$, où G_1 est partout dense; ce groupe est

---

([1]) J. v. Neumann, *Trans. Am. Math. Soc.*, 36, 1934, p. 445-492.

([2]) Stepanoff et Tychonoff, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1199.

compact; et l'on peut définir sur $\overline{G}$ la fonction f ainsi que la distance δ par la condition d'y être partout continues.

Autrement dit, une fonction presque périodique de von Neumann, définie sur un groupe G, permet de plonger une image homomorphe de G dans un groupe métrique compact $\overline{G}$ où elle est partout dense; $\overline{G}$ est l'*espace* de la fonction au sens de Stepanoff et Tychonoff. Si au lieu d'une fonction l'on en avait un nombre fini quelconque, l'on procéderait exactement de même en prenant par exemple pour δ la plus grande des distances définies au moyen de chaque fonction. De plus, si G lui-même est donné comme groupe topologique (ouvert) et qu'on se restreigne aux fonctions presque périodiques *continues* sur G, on vérifie sans peine que l'image d'un ensemble d'éléments de G, fermé et compact dans G, est un ensemble *fermé* dans $\overline{G}$, et que par suite G se trouve représenté dans $\overline{G}$ d'une manière *continue*.

Les réciproques sont évidentes : chaque fois qu'on aura plongé dans un groupe compact $\overline{G}$ une image homomorphe d'un groupe G (image continue si G est donné comme groupe topologique) toute fonction continue sur $\overline{G}$ est une fonction presque périodique sur G. La moyenne de f sur $\overline{G}$, définie par l'intégrale de Haar, n'est pas autre chose que la moyenne de f sur G telle que la définit von Neumann. Il n'y a plus qu'à appliquer au groupe $\overline{G}$ la théorie connue des représentations orthogonales des groupes compacts pour retrouver tous les principaux résultats de von Neumann; s'il s'agit de groupes abéliens, on retrouve les résultats classiques de Bohr et de Weyl.

Von Neumann a montré que ses fonctions presque périodiques n'existent pas toujours sur un groupe pris arbitrairement. Elles existent en tout cas (et c'est là, semble-t-il, ce qui fait le principal intérêt de la théorie) sur des classes étendues de groupes discrets dénombrables, par exemple les groupes dénombrables libres et quasi'libres (on entend par groupe quasi libre à $2p$ générateurs le groupe topologique d'une surface de genre p).

Mais soit G un groupe de Lie ouvert. Pour rechercher les fonctions presque périodiques, continues sur G, il suffit de rechercher les représentations orthogonales de G, ou plus généralement les représentations holomorphes et continues de G dans un groupe de Lie clos quelconque $\overline{G}$. Appelons quasi clos tout groupe de Lie qui est infinitésimalement le produit direct d'un groupe clos et d'un groupe abélien; d'après E. Cartan [1],

---

[1] *La théorie des groupes finis et continus et l'Analysis situs* (*Mém. Sc. math.*, fasc. 42, 1930). Le théorème dont il s'agit n'est pas énoncé explicitement, mais résulte des paragraphes 41, 42, et 44.

toute image holomorphe continue d'un groupe de Lie (ou même d'un groupe connexe localement compact) dans un groupe clos ou quasi clos, est un groupe quasi clos. Soient g, g' deux sous-groupes invariants de G tels que $G/g = Q$ et $G/g' = Q'$ soient quasi clos; le quotient de G par l'intersection $g \cap g'$ est un sous-groupe du produit direct $Q \times Q'$, donc quasi clos; il y a donc un plus petit sous-groupe invariant g_0 tel que G/g_0 soit quasi clos; toute fonction presque périodique continue f sera constante sur g_0 et ses cogroupes (*Nebengruppen*); G/g_0 sera le produit direct d'un groupe abélien ouvert E (espace vectoriel à n dimensions) et d'un groupe clos Γ, ou bien le quotient de ce produit par un groupe fini; et f sera une fonction continue sur $E \times \Gamma$, presque périodique au sens de Bohr sur E. Autrement dit, sur un groupe de Lie, *les fonctions presque périodiques de von Neumann se ramènent à celles de Bohr.* S'il s'agit d'un groupe semi-simple, il est même inutile, d'après van der Waerden (¹), de supposer la continuité de f.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Remarques sur deux théorèmes de la théorie des fonctions.* Note de M. **A. Dinghas**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans deux articles (²), nous avons montré comment, en partant d'une inégalité de Carleman-Julia, on peut démontrer et préciser très simplement un théorème classique de Phragmén et Lindelöf, et un théorème que M. Milloux a donné (³) pour une classe spéciale des fonctions régulières d'ordre infini. Nous allons ici, en quelques lignes, montrer comment cette même méthode permet d'obtenir ces deux théorèmes sous une forme beaucoup plus intéressante.

1. Considérons une fonction $f(z)$ uniforme et régulière dans le secteur

$$(1) \qquad r \geqq 0, \qquad -\frac{\pi}{2k} \leqq \varphi \leqq \frac{\pi}{2k} \qquad \left(k \geqq \frac{1}{2}\right),$$

et supposons encore les trois égalités suivantes vérifiées :

$$1^\circ \qquad \overline{\lim_{r \to \infty}} \frac{\log M(r)}{r^\rho} = \sigma > 0,$$

(¹) *Math. Zeitschr.*, 36, 1933, p. 780-786.
(²) Dont l'un dans *Mathem. Zeitschrift*, 39, 1934, p. 455-461.
(³) *Ann. Éc. Norm. sup.*, 31, 1932, p. 330.

2°
$$\overline{\lim_{r\to\infty}}\frac{\log M_k(r)}{r^\rho}=\sigma_k,$$

3°
$$\overline{\lim_{r=\infty}}\frac{\log\log M(r)}{\log r}=\rho,$$

dans lesquelles on a posé

$$M(r)=\max|f(re^{i\varphi})|\qquad \text{pour}\quad -\frac{\pi}{2k}\leqq\varphi\leqq\frac{\pi}{2k}$$

et

$$M_k(r)=\max\left|f\left(te^{\pm i\frac{\pi}{2k}}\right)\right|\qquad \text{pour}\quad 0\leqq t\leqq r.$$

Soit encore $k>\rho$. Dans ces conditions, on aura l'inégalité suivante :

(2)
$$\sigma_k\geqq\sigma\cos\frac{\pi\rho}{2k},$$

qui entraîne le théorème de Phragmén et Lindelöf. Pour $\sigma=\infty$, l'inégalité précédente sera remplacée par l'égalité $\sigma_k=\infty$.

Pour la démonstration, faisons la supposition contraire de (2),

$$\sigma_k<\sigma\cos\frac{\pi\rho}{2k}=\sigma\delta.$$

Prenons un $\sigma_1<\sigma$ [1], de manière que $\sigma_1\delta>\sigma_k$ soit encore vérifiée et formons la fonction $g(z)=f(z)e^{-\sigma_1 z^\rho}$, avec z^ρ réel pour z réel.

L'inégalité de Carleman-Julia, appliquée à cette fonction, donne

(3)
$$\log|g(z)|\leqq\log M_k^*(a)+\frac{4}{\pi}\log\frac{M^*(a)}{M_k^*(a)}\frac{r^k}{a^k}\qquad (a>|z|=r)$$

si $M^*(a)>M_k^*(a)$ et

(4)
$$\log|g(z)|\leqq\log M_k^*(a)$$

dans le cas contraire. Par $M^*(r)$, $M_k^*(r)$ sont ici représentées les grandeurs respectives des $M(r)$ et $M_k(r)$ pour la fonction $g(z)$. Cela posé, on obtient, si l'on fait converger $a\to\infty$, et en remarquant que le deuxième terme de (3) converge vers zéro,

(5)
$$\log|f(z)e^{-\sigma_1 z^\rho}|\leqq C$$

avec $C=\lim_{a\to\infty}\log M_k(a)$, nombre fini.

De (5) on déduit facilement

$$\frac{\log M(r)}{r^\rho}=\frac{C}{r^\rho}+\sigma_1,$$

---

[1] Si $\sigma=\infty$, on prend simplement σ_1 fini tel que $\sigma_1\delta$ soit plus grand que σ_k.

et enfin $\sigma \leqq \sigma_1$, résultat qui contredit notre supposition. On doit alors avoir pour tout

$$\sigma \cos \frac{\pi \rho}{2k} \leqq \sigma_k \leqq \sigma.$$

2. De la même manière on démontre le théorème de Milloux sous la forme suivante :

Soit la fonction $f(z)$ dans la bande

$$x \geqq 0, \qquad -\frac{\pi}{2k} \leqq y \leqq \frac{\pi}{2k} \qquad (k > 0)$$

régulière et uniforme et soit encore

1° $$\overline{\lim_{x \to \infty}}\, e^{-\rho x} \log M(x) = \sigma < 0.$$

2° $$\overline{\lim_{x \to \infty}}\, e^{-\rho x} \log M_k(x) = \sigma_k.$$

3° $$\overline{\lim_{x \to \infty}} \frac{\log \log M(x)}{x} = \rho$$

avec

$$M(x) = \max |f(x+iy)| \qquad \textit{pour} \quad -\frac{\pi}{2k} \leqq y \leqq \frac{\pi}{2k}$$

et

$$M_k(x) = \max \left| f\left(t \pm i\frac{\pi}{2k}\right) \right| \qquad \textit{pour} \qquad 0 \leqq t \leqq x.$$

En supposant que $k > \rho$, on aura $\sigma_k \geqq \sigma \cos \pi\rho/2k$, avec la même interprétation que ci-dessus, pour $\sigma = \infty$.

La démonstration se développe comme précédemment à l'aide d'une inégalité analogue à (3). En outre, ce dernier théorème pourrait se déduire du théorème précédent par une transformation conforme élémentaire.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la conservation des angles dans la représentation conforme d'un domaine au voisinage d'un point frontière.* Note (¹) de M. **Julius Wolff**, transmise par M. Émile Borel.

THÉORÈME. — *Soit G un domaine simplement connexe tel qu'à tout nombre positif $\varepsilon < \pi/2$ il corresponde un nombre $R(\varepsilon)$ tel que les points z de G, pour lesquels $|z| > R(\varepsilon)$, sont dans le domaine $\overline{\Delta}(\varepsilon)$ défini par*

$$|z| > R(\varepsilon), \qquad -\frac{\pi}{2} - \varepsilon < \arg z < \frac{\pi}{2} + \varepsilon,$$

(¹) Séance du 26 décembre 1934.

et que cette même partie de G *contienne le domaine* $\Delta(\varepsilon)$ *défini par*

$$|z| > R(\varepsilon), \quad -\frac{\pi}{2} + \varepsilon < \arg z < \frac{\pi}{2} - \varepsilon.$$

Soit $w(z)$ *une fonction holomorphe dans* G *représentant* G *sur le demi-plan* $D(-\pi/2 < \arg w < \pi/2)$ *et telle que,* z *tendant vers l'infini sur l'axe réel,* w *tende vers l'infini.*

Alors dans tout domaine $\Delta(\varepsilon)$: $\arg w/z \to 0$ *pour* $z \to \infty$.

Remarque. — Si la frontière γ de G est une courbe de Jordan s'étendant vers l'infini dans les deux directions $\arg z \to \pm\pi/2$, la chose est évidente. Mais on ne suppose rien sur γ, hors des hypothèses ci-dessus.

La démonstration, que je donnerai ailleurs d'une façon plus détaillée, repose sur le lemme suivant :

Lemme. — Considérons la classe des fonctions $w(z)$ holomorphes, univalentes et plus petites que un en valeur absolue dans un domaine donné G. Soient O un point de la frontière γ de G, $c(\rho)$ une circonférence de centre O et de rayon ρ, $\sigma(\rho)$ l'ensemble des arcs de $c(\rho)$ dans G, $\lambda(\rho)$ la longueur totale de l'image de $\sigma(\rho)$ donnée par $w(z)$. *Alors à tout nombre* $\eta > 0$ *il correspond un nombre* δ *entre* 0 *et* 1, *tel que pour* $\delta^2 < \rho < \delta$ *la borne inférieure de* $\lambda(\rho)$ *ne dépasse pas* η. Le nombre δ est indépendant du choix de $w(z)$.

Ce lemme se démontre de la même manière qu'un lemme semblable à la page 217 de *Compositio Mathematica*, I, 2, 1934.

Au moyen de la transformation $\zeta = \xi + i\eta = \log z$, $\omega = \mu + i\nu = \log w$, le théorème à démontrer se réduit à un théorème sur la représentation de la bande $D'(|\nu| < \pi/2)$ sur une bande G' dont la frontière s'approche pour $\xi \to \infty$ des deux droites $\eta = \pm\pi/2$. Il s'agit de montrer que dans toute bande $|\eta| < \pi/2 - \varepsilon$ on a $\lim_{\xi \to +\infty} (\nu - \eta) = 0$. Or l'application du lemme conduit à une courbe K dans G' telle que :

1° K a, comme son image L dans D', les droites $\eta = \pm\pi/2$ pour asymptotes;

2° le domaine intérieur à G' limité par K est l'image du domaine intérieur à D' limité par L;

3° pour $\zeta \to \infty$ sur K, $\omega \to \infty$ sur L.

La démonstration est maintenant immédiate.

Remarque. — L'exemple $w = z^{1+i}/_{1+i} + Az$, $A > e^{\pi/2}$ montre que la présence des domaines $\Delta(\varepsilon)$ dans G ne suffit pas pour la conservation des angles, car ici $\lim_{z \to \infty} \arg w/z$ n'existe sur aucune droite $y = mx$.

GÉODÉSIE. — *Perfectionnements au pendule élastique. Liaisons gravimétriques récentes entre la station de référence du réseau français et celles des pays voisins.* Note (¹) de M. **Fernand Holweck**, présentée par M. Georges Perrier.

I. *Perfectionnements au pendule.* — Deux nouveaux instruments de la série 5 ont été étudiés. Ils possèdent les avantages suivants : *a*, le pendule est plus court; *b*, la sensibilité est plus grande; *c*, l'amortissement est plus faible.

Le pendule 55 a, à Paris, une sensibilité qui est 260 fois celle du pendule ordinaire et le pendule 56, 327 fois, au lieu de 179 fois qui était celle du pendule 42 (période des deux nouveaux pendules : 7 secondes environ).

Cette augmentation de sensibilité, jointe à la diminution de l'amortissement, permet de réduire à 5 le nombre des mesures nécessaires pour une détermination de g, en mesurant chaque fois la période sur la 20ᵉ et la 40ᵉ oscillation par la moyenne de 5 oscillations successives; on obtient ainsi en 30 minutes (au lieu de 2 heures) une valeur de g avec une précision comparable à celle que donnait le pendule 42.

Les pendules 55 et 56 ont, en outre, des coefficients de température inverses :

pendule 55, de l'ordre de $+4,34.10^{-6}$

pendule 56, de l'ordre de $-6,25.10^{-6}$ (aux environs de 20°).

En associant les mesures données par ces deux instruments en une même station, on obtient, pour la moyenne, des valeurs qui donnent, dans une compensation générale, des résidus beaucoup plus faibles que l'une ou l'autre des déterminations. Ceci s'explique par la compensation des petits effets secondaires de la température.

II. *Liaisons gravimétriques.* — La période de ces deux instruments a été mesurée : 1° de nombreuses fois à Paris; 2° en trois points de la Suisse où des mesures récentes avaient été faites par M. Niethammer, ainsi qu'en la station de base reliée à Potsdam (Bâle); 3° à la station fondamentale du réseau belge, Uccle (mesure de M. Vening Meinesz) et en la station fondamentale du réseau hollandais : De Bilt, rattachée de nombreuses fois à Potsdam par M. Vening Meinesz.

(¹) Séance du 10 décembre 1934.

Stations.	g.	Pendule 55.		Pendule 56.		Moyenne des pendules 55-56.	
		g.	Δg.	g.	Δg.	g.	Δg.
	g	g	mg	g	mg	g	mg
Paris.....	980,943	980,9447	+1,7	980,9437	+0,7	980,9442	+1,2
Bâle.....	980,765	980,7669	+1,9	980,7650	0	980,7659	+0,9
Zurich....	980,665	980,6625	−2,5	980,6661	+1,2	980,6643	−0,7
Samaden..	980,238	980,2409	+2,9	980,2355	−2,5	980,2382	+0,2
Bernina...	980,140	980,1364	−3,6	980,1420	+2	980,1392	−0,8
De Bilt...	981,2675	981,2678	+0,3	981,2655	−2	981,2670	−0,5
Uccle....	981,131	981,1290	−2,6	981,1313	+0,3	981,1302	−0,8
Lyon.....	980,618	980,6172	−0,8	980,6191	−1,1	980,6181	+0,1
			$\Delta_m = 2,0$		$\Delta_m = 1,2$		$\Delta_m = 0,6$

La moyenne des résidus obtenus au moyen d'une compensation graphique entre les nouvelles valeurs déterminées et les valeurs anciennement admises est de 2,0 milligals pour le pendule 55 et de 1,2 milligal pour le penduie 56, la moyenne de ces deux instruments donne, comme résidu, seulement 0,6 milligal.

D'autre part, la valeur de la gravité à Paris, ainsi déterminée, en partant des bases des réseaux suisse, belge et hollandais, est de 980,9442 à l'Observatoire de Paris, alors que nous avions trouvé précédemment, avec le pendule 42, 980,943.

M. Nörlund, utilisant deux pendules 41 et 51, les a étalonnés sur une base très importante allant de Madrid à Helsinski (2 gals environ) et passant par Potsdam.

Cette nouvelle mesure indépendante donne pour Paris la valeur 980,9441, en très bon accord avec nos deux déterminations antérieures.

En résumé : *a*. la formule élémentaire du pendule, déjà vérifiée par le R. P. Lejay d'Uccle à Singapour, a été à nouveau contrôlée, pour quatre nouveaux instruments, avec une concordance excellente entre la théorie et l'expérience; *b*. la valeur de g, à Paris, déterminée au moyen de cinq instruments indépendants, étalonnés sur trois systèmes de base passant par Potsdam ou par de nombreuses stations reliées à Potsdam est 980,9438, moyenne de trois nombres très concordants (980,9430, 980,9442, 980,9441).

Stations.	g.	Pendule 42. g.	Pendule 42. Δg.	Moyennes des pendules 55-56. g.	Moyennes des pendules 55-56. Δg.	Moyennes des pendules 41-51 ([1]). g.	Moyennes des pendules 41-51 ([1]). Δg.
Helsinski ([2])	981,9165	–	–	–	–	9157	−0,8
Stockholm ([3])	981,8441	–	–	–	–	8454	+1,3
Copenhague	981,5579	–	–	–	–	5603	+2,4
Potsdam	981,2754	–	–	–	–	2754	0
De Bilt	981,2675	–	–	2670	−0,5	–	–
Uccle	981,131	133	+2	1302	−0,8	–	–
Breteuil	980,941	941	0	–	–	9419	+0,9
Paris	980,943	943	0	9442	+1,2	9441	+1,1
Bâle	980,765	762	−3	7659	+0,9	764	−1,0
Besançon	980,751	752	+1	–	–	–	–
Zurich	980,665	–	–	6643	−0,7	–	–
Lyon	–	618	–	6181	–	–	–
Lausanne	980,589	590	+1	–	–	–	–
Florence	980,501	500	−1	–	–	–	–
Rome	980,368	366	−2	–	–	–	–
Samaden	980,238	–	–	2382	+0,2	–	–
Bernina	980,140	–	–	1392	−0,8	–	–
Lisbonne	980,0880	–	–	–	–	888	+0,8
Madrid	979,9810	–	–	–	–	9835	+2,5
Zi-Ka-Wei	979,436	436	0	–	–	–	–
Hong-Kong	978,771	769	−2	–	–	–	–
Singapour	978,080	080	0	–	–	–	–
		$\Delta_m =$	1,0	$\Delta_m =$	0,6	$\Delta_m =$	1,2

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une expérience de Sagnac qui serait faite avec des flux d'électrons.* Note de M. F. **Prunier**, présentée par M. P. Langevin.

I. Le résultat de Sagnac sur la différence des temps de parcours de deux rayons lumineux, circulant en sens inverse l'un de l'autre sur une

---

([1]) *Mémoires de l'Institut géodésique de Danemark*, 1re série, 1, 1934, p. 1 à 164 (*Observations de l'intensité de la Pesanteur avec le nouveau pendule Holweck-Lejay*, publiées par N. E. Nörlund, avec la collaboration de A. Schneider).

([2]) Moyenne des mesures de Schmehl et d'Andersen (1930).

([3]) Moyenne des mesures de Pesoner et Olander (1926), de Schmehl et d'Andersen (1930).

piste solidaire d'un disque en rotation de vitesse angulaire ω, est expliqué quantitativement par toutes les théories. Si A désigne l'aire incluse dans le trajet des rayons, la différence $t_1 - t_2$ des temps de parcours a pour valeur $4\omega A/c^2$.

II. L'expérience de Haress est une expérience de Sagnac dans laquelle les rayons se propagent, non plus dans l'air libre, mais dans du verre entraîné par le disque. Les résultats sont les mêmes que ceux de Sagnac.

La théorie de Fresnel-Fizeau les explique en considérant que, l'indice n étant, dans ce cas, pratiquement indépendant du mouvement de la source et du mouvement du milieu, la vitesse des rayons par rapport à la piste est $c/n \pm v/n^2$, v désignant la vitesse linéaire d'un élément du milieu en rotation.

Pour une longueur l de ce milieu, la différence $t_1 - t_2$ est alors

$$\frac{l}{\frac{c}{n} - \frac{v}{n^2}} - \frac{l}{\frac{c}{n} + \frac{v}{n^2}},$$

soit, au second ordre en v/c près, $2lv/c^2$, comme dans le vide ou dans l'air.

Dans l'explication relativiste, on part de cette hypothèse que, pour un observateur en translation par rapport auquel un élément du milieu est, à un certain moment, sans vitesse, la vitesse de la lumière dans cet élément a la valeur c/n. On en tire, par la formule de composition des vitesses, la valeur de la vitesse de l'un et l'autre rayon dans un système sans rotation, mais dont l'origine serait fixée au centre du disque. Puis, par les formules de transformation de coordonnées de la cinématique ordinaire, valables en raison de la faible valeur de ω, on tire la vitesse de l'un et l'autre rayon dans le système en rotation, et le temps de parcours de chacun. Dans l'une et l'autre théorie le résultat est encore que la différence des temps de parcours des deux rayons introduite par la rotation doit avoir la valeur $4\omega A/c^2$, conformément à l'expérience.

III. Supposons maintenant qu'au lieu de deux flux de photons circulant en sens contraire l'un de l'autre sur la piste du disque en rotation, on ait deux flux analogues de particules matérielles, ou d'électrons, de vitesse V, par rapport au disque quand ce disque, dont la source émettrice est solidaire est au repos. L'expérience est censée se passer dans le vide ou dans l'air libre.

Quand le disque tourne, la vitesse des particules qui passent sur un élément du disque, par rapport à un système en translation uniforme dans lequel cet élément du disque a, à un certain instant, une vitesse nulle,

demeure égale à V : par exemple, si l'on considère le système en translation dans lequel, à un certain instant, la source a une vitesse nulle, la vitesse des particules dans ce système est encore V.

Posons $V = c/\beta$. Nous pouvons alors reproduire la théorie du paragraphe II concernant la théorie de la relativité; d'où le résultat à prévoir $t_1 - t_2 = 4\omega A/c^2$. Ce sera le même qu'il s'agisse de photons ou d'autres particules. Mais nous ne pourrons plus reproduire la théorie de Fresnel-Fizeau; dans la théorie classique la vitesse des particules matérielles ou électriques sera en effet, par rapport à la piste en rotation, V, et non pas $c/\beta \pm v/\beta^2$. On est donc conduit, dans cette théorie, à prévoir que la rotation n'introduit pas de différence de temps de parcours entre les deux flux de particules. Cela n'est pas contradictoire, dans la théorie classique, avec le fait qu'une telle différence est introduite par la rotation quand il s'agit de rayons lumineux, car c'est en raison de l'hypothèse d'un éther que la théorie classique explique les effets Sagnac et Haress.

Il y a donc bien entre les prévisions des deux théories une différence s'exprimant par un terme $1/c.(4\omega A)/c$, du premier ordre en ω/c.

Le criterium ne semble pas, pour le moment, utilisable expérimentalement, mais il n'est pas sans importance théorique.

Remarques au sujet de la Note de M. Prunier, par M. **P. Langevin**.

M. Prunier signale très justement que, pour des observateurs liés à un système matériel en rotation, les deux conceptions classique et relativiste de l'espace-temps présentent entre elles des désaccords du premier ordre en fonction de la vitesse angulaire ω du mouvement de rotation. En particulier, si deux mobiles parcourent dans des sens opposés une même piste fermée sur un disque en rotation, ces deux mobiles, conservant une même vitesse constante V *par rapport au disque*, la conception classique veut que le temps de parcours du circuit fermé soit le même dans les deux sens, c'est-à-dire que les deux mobiles se rencontrent toujours aux mêmes points de la piste, tandis que, dans la conception relativiste, les durées de parcours devront présenter entre elles une différence égale, au premier ordre, à $4\omega A/c^2$ si A est l'aire comprise à l'intérieur d'un circuit fermé et c la vitesse de la lumière; la durée de parcours sera la plus petite pour celui des deux mobiles qui circule sur la piste en sens inverse du mouvement de rotation d'entraînement et, par conséquent, les points de croisement des

mobiles devront, au lieu de rester fixes par rapport au disque, se déplacer sur la piste dans ce même sens inverse.

Je voudrais souligner le fait que ce résultat s'apparente étroitement à un autre désaccord du premier ordre entre les deux conceptions de l'espace-temps, celui, bien connu, qui concerne le *temps local* de Lorentz. On sait, en effet, que si deux systèmes de référence galiléens ont l'un par rapport à l'autre un mouvement de translation uniforme de vitesse v, et si la concordance des temps a été établie sur chacun d'eux par échange de signaux lumineux, il existe, entre les mesures faites dans les deux systèmes pour l'intervalle de temps entre deux événements donnés, une différence égale au premier ordre d'approximation en fonction de la vitesse v, à vl/c^2 où l représente la projection, sur la direction de la vitesse v, de la distance des deux événements dans l'espace.

Il est facile de vérifier que le résultat relatif au disque en rotation prend exactement cette forme dans le cas particulier simple d'une piste circulaire de rayon r sur laquelle la vitesse du mouvement de rotation par rapport au centre de la piste est

$$v = \omega r.$$

Les deux mobiles, qui sont supposés circuler sur cette piste dans des sens opposés se meuvent à chaque instant dans la direction de cette vitesse v et, quand ils y ont effectué chacun un tour, la différence algébrique de leurs parcours est égale au double de la longueur de la piste, donc

$$l = 2 \times 2\pi r = 4\pi r,$$

d'où, pour la différence de leurs temps locaux,

$$\frac{vl}{c^2} = \frac{4\omega\pi r^2}{c^2} = \frac{4\omega A}{c^2},$$

si A est l'aire du cercle limité par la piste.

De manière générale, on peut dire que les problèmes de ce genre sont étroitement liés à la délicate question de la définition du temps pour des observateurs solidaires du système en rotation et au fait que, contrairement à ce qui se passe pour un système galiléen, il n'est pas possible de décomposer l'espace-temps en un espace lié au système en rotation et un temps défini de manière cohérente et univoque pour tous les points de cet espace.

Limitant, sans perte de généralité, cet espace au cas à deux dimensions de la surface d'une plate-forme en rotation, nous pouvons en choisir arbitrairement un point pour centre et y adopter pour mesure du temps celle

du système de référence galiléen immobile par rapport à ce point. Si r et θ sont les coordonnées polaires autour de ce centre d'un point quelconque lié à la plate-forme, les coordonnées polaires de ce point dans le système galiléen sont

$$r' = r, \qquad \theta' = \theta + \omega t.$$

L'invariant fondamental

$$ds^2 = c^2\,dt^2 - dr'^2 - r'^2\,d\theta'^2$$

devient, en fonction de r, θ et t,

$$ds^2 = c^2\,dt^2 - dr^2 - r^2(d\theta + \omega\,dt)^2$$

ou

$$ds^2 = (c^2 - \omega^2 r^2)\,dt^2 - 2\omega r^2\,d\theta\,dt - (dr^2 + r^2\,d\theta^2).$$

L'existence du terme rectangle en $d\theta\,dt$ montre que l'emploi, par tous les observateurs liés à la plate-forme, du temps central t tel qu'il pourrait être distribué par un poste d'émission lumineux ou hertzien placé au centre, ne permet pas, pour ces observateurs, la décomposition en espace et en temps. Pour obtenir cette décomposition dans le domaine infinitésimal, il faut écrire le ds^2 sous la forme

$$ds^2 = c^2\,d\tau^2 - \left(dr^2 + \frac{r^2\,d\theta^2}{1 - \frac{\omega^2 r^2}{c^2}}\right) = c^2\,d\tau^2 - d\sigma^2$$

avec

$$d\tau = \sqrt{c^2 - \omega^2 r^2}\left(dt - \frac{\omega r^2\,d\theta}{c^2 - \omega^2 r^2}\right),$$

ou, au premier ordre en ω,

$$d\tau = dt - \frac{\omega r^2}{c^2}\,d\theta.$$

L'espace caractérisé par l'élément de longueur $d\sigma$ n'est pas euclidien ; c'est celui que concerne le paradoxe d'Ehrenfest et où le rapport de la longueur d'une circonférence de rayon r à son diamètre $2r$ est égal à

$$\frac{\pi}{\sqrt{1 - \frac{\omega^2 r^2}{c^2}}}.$$

L'élément de temps $d\tau$, propre à la plate-forme, n'étant pas intégrable, ne permet la définition d'aucune coordonnée finie τ jouant le rôle d'un temps commun à tous les observateurs, c'est-à-dire l'établissement d'une correspondance cohérente et univoque des temps entre l'ensemble des points liés à la plate-forme.

Le temps propre du système en rotation, n'ayant pas une différentielle exacte, ne peut avoir de sens que par transport de proche en proche et le résultat de ce transport d'un point de la plate-forme à un autre dépend du chemin parcouru. Autrement dit, le transport de ce temps le long d'un circuit fermé conduit à un désaccord entre les observateurs restés au point de départ et ceux qui ont effectué le trajet, désaccord égal, au premier ordre en ω, à

$$\oint \omega r^2 d\theta = \frac{2\omega A}{c^2},$$

si A est l'aire comprise à l'intérieur du trajet. Entre deux observateurs circulant dans des sens opposés le long du même trajet fermé, le désaccord serait, après retour au point de départ, double du précédent, c'est-à-dire égal à $4\omega A/c^2$.

L'impossibilité d'associer à l'espace non euclidien lié à la plate-forme un temps défini autrement que par la forme de Pfaff $d\tau$, et le caractère multiforme qui en résulte pour le temps propre de la plate-forme, sont à rapprocher de ce qui concerne le temps propre à chaque portion de matière, défini par l'intégrale de ds/c prise le long de sa ligne d'Univers. La différence essentielle entre les deux notions est que le temps propre d'un mobile ou d'un observateur dépend seulement de celui-ci, tandis que le temps propre de la plate-forme dépend à la fois de l'espace auquel il est associé et du chemin supposé parcouru antérieurement dans cet espace.

Contrairement à l'opinion exprimée récemment par M. W. Glaser (1), je considère que la question relative aux propriétés métriques des figures tracées sur un système en rotation uniforme, c'est-à-dire à la géométrie de ce système, a un sens parfaitement précis et doit être résolue, comme l'ont indiqué Ehrenfest et Einstein, par l'affirmation du caractère non euclidien de cette géométrie.

Il en est ainsi en particulier pour les figures tracées dans un plan lié à la Terre. Le désaccord dans la mesure du temps résultant d'un tour effectué le long de l'équateur est d'environ 2×10^{-7} seconde.

---

(1) WALTER GLASER, *Zeitschrift für Physik.*, 92, 1934, p. 64.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le pouvoir séparateur des instruments d'optique en fonction de l'acuité visuelle.* Note (¹) de M. **Albert Arnulf**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le pouvoir séparateur visuel d'un instrument d'optique afocal supposé suffisamment parfait pour que la définition des images ne soit limitée que par les phénomènes de diffraction, et grossissement supérieur au grossissement normal, dépend uniquement des propriétés de l'œil, quel que soit ce grossissement.

Prenons le cas simple d'une lunette afocale, Ω étant le diamètre de l'objectif, ω celui de l'anneau oculaire, G le grossissement. Le grossissement étant supérieur au grossissement normal, ω est aussi le diamètre de la pupille d'entrée de l'œil. B étant la brillance, γ le contraste, le pouvoir séparateur de l'œil, s_0 s'exprimera par la formule

$$s_0 = \frac{A}{\omega} \qquad \text{avec} \quad A = f(\gamma, \beta, \omega).$$

Le pouvoir séparateur S de l'instrument sera $S = s_0/G$; or $G = \Omega/\omega$; donc $S = A/\Omega$. On aura donc

$$s_0\omega = S\Omega = A.$$

Nous désignerons les produits $s_0\omega$ et $S\Omega$ sous le nom de pouvoir séparateur spécifique (pouvoir séparateur ramené à une valeur unitaire de la pupille) et nous aurons la règle suivante, valable quel que soit le nombre des pupilles.

Dans un instrument afocal parfait, le pouvoir séparateur spécifique relatif aux différentes pupilles est égal au pouvoir séparateur spécifique de l'œil.

Cette relation simple permettra, si la fonction A est connue, de résoudre tous les problèmes relatifs au pouvoir séparateur dans les instruments afocaux.

Nous avons entrepris la détermination de la fonction A, en mesurant le pouvoir séparateur de l'œil en fonction du contraste et de la brillance de l'objet, et de l'ouverture de la pupille. Les contrastes variaient de 1 à 0,02 pour les brillances fortes, et de 1 à 0,3 pour les brillances les plus faibles.

(¹) Séance du 26 décembre 1934.

Nous avons utilisé sept brillances de l'objet, variant de 1,17 jusqu'à $8{,}9 \times 10^{-7}$ bougie par centimètre carré, et formant grossièrement une progression géométrique de raison 0,1.

Les ouvertures variables de la pupille étaient obtenues au moyen de trous de divers diamètres, placés devant l'œil. Ces diamètres figurent dans le tableau ci-après, donné à titre d'exemple, et relatif à un seul observateur pour la brillance 0,148 bougie par centimètre carré.

Pour un contraste et une brillance déterminés, la courbe de A en fonction de ω, diamètre de la pupille, décroît jusqu'à un diamètre optimum ω_m, puis croît de nouveau. Pour les fortes brillances de l'objet, ω_m est sensiblement le même pour tous les contrastes et voisin de $0^{mm},7$. Quand la brillance décroît, à partir de 0,01 b/cm², le diamètre optimum augmente et cela d'autant plus que le contraste est plus faible. Pour une brillance de 1×10^{-5} b/cm², ω_m varie de $1^{mm},25$, pour un contraste 1; à $2^{mm},75$ pour un contraste 0,1. Pour la brillance $8{,}9 \times 10^{-7}$ b/cm², les résultats deviennent variables d'un observateur à l'autre. Il est très intéressant de constater que pour cette brillance, qui est de 50 fois plus forte que la brillance du ciel nocturne, $s_0\omega$ décroît encore de 102 minutes à 37 minutes, quand le diamètre de la pupille passe de 6^{mm} à $1^{mm},5$.

La qualité optique de l'œil, représentée par les variations de $s_0\omega$, s'améliore donc quand le diamètre de la pupille décroît jusqu'à la valeur ω_m, et cela malgré la forte diminution de l'éclairement de l'image rétinienne qui en résulte.

Il faut donc admettre que, dans tous les cas où l'observateur n'est pas ébloui par la lumière ambiante (instruments dont l'observateur est placé dans une obscurité relative, instruments de vision de nuit), les variations de clarté ne jouent qu'un rôle tout à fait négligeable par rapport aux variations de la qualité optique de l'œil; il est alors inutile, et même nuisible, de chercher à obtenir des pupilles de sortie égales au diamètre maximum de la pupille de l'œil.

Il résulte de ce qui précède que les conditions optimum d'observation dans un instrument afocal parfait sont déterminées très simplement par le diamètre de la pupille de sortie.

Les recherches actuelles ont été faites avec la collaboration de Mlles Darmon et Kravtzoff et de MM. Bessin et Guériau. Nous les étendons actuellement aux brillances très faibles, justiciables de la vision de nuit.

	$\gamma=1.$		$\gamma=0,5.$		$\gamma=0,1.$		$\gamma=0,04.$		$\gamma=0,02.$	
ω.	s_0.	$s_0\omega$.	s_0.	$s_0\omega$.	s_0.	$s_0\omega$.	s_0.	$s_0\omega$.	s_0.	$s_0\omega$.
mm	min	min	min	min	min	min	min	min	min	min
5,996.....	1,41	8,45	1,70	10,2	3,55	21,3	5,10	30,6	∞	∞
4,047.....	1,60	6,48	1,82	7,36	3,56	14,4	4,41	17,9	13,6	55,0
2,865.....	1,73	4,96	1,88	5,40	3,37	9,66	4,45	12,9	10,6	30,4
2,041.....	1,74	3,56	1,95	3,99	3,32	6,80	3,92	8,02	9,80	20,1
1,203.....	1,92	2,32	2,27	2,73	4,06	4,89	5,30	6,38	9,50	11,4
0,711.....	2,29	1,63	3,32	2,36	5,78	4,12	7,40	5,26	10,5	7,46
0,598.....	2,91	1,74	3,96	2,37	6,92	4,14	8,72	5,22	13,0	7,76
0,380.....	5,02	1,91	6,62	2,51	10,9	3,91	16,8	6,38	∞	∞
0,244.....	8,94	2,18	11,4	2,78	∞	∞	∞	∞	∞	∞
0,113.....	24,6	2,78	24,0	2,72	∞	∞	∞	∞	∞	∞

ÉLECTROCHIMIE. — *Capacité du mercure polarisé aux très basses fréquences.* Note de M. N. **Thon**, présentée par M. G. Urbain.

I. La capacité d'électrode peut être déterminée en enregistrant à l'oscillographe les variations de potentiel de l'électrode soumise à de faibles polarisations de très courte durée et en divisant la quantité d'électricité qui produit la polarisation par la variation de potentiel obtenue. On polarise soit en courant alternatif [Reichinstein ([1]), Froumkine ([2])], soit en courant continu périodiquement interrompu et inversé [Le Blanc ([3]), Erdey-Grúz et Kromrey ([4])]. Ce dernier procédé fournit des courbes plus aisément interprétables.

II. Nous avons émis ([5]) l'hypothèse que l'écart observé entre la capacité du mercure déterminée au pont de Wheatstone aux fréquences acoustiques ($\nu=1000$ à $12000\,\text{sec}^{-1}$) et celle déduite de la courbe électrocapillaire pouvait être dû au caractère statique des mesures électrocapillaires ($\nu=0$). Il y avait donc intérêt à déterminer, par la méthode décrite sous I, la capacité d'électrode aux très basses fréquences et de rechercher si, dans ces conditions, elle était indépendante de la fréquence. Les déterminations de Erdey-Grúz et Kromrey ([4]) ont conduit à des valeurs bien

([1]) *Z. Elektrochem.*, 15, 1909, p. 913.

([2]) Réunion de la *Faraday Society*, septembre 1924 (d'après une épreuve du Rapport).

([3]) *Abhandl. Bunsengesellsch.*, 1910.

([4]) *Z. Physik. Ch.*, (A), 157, 1931, p. 213.

([5]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2149.

inférieures à celles que Gouy ([1]) a déduites de la courbe électrocapillaire. Elles font apparaître, en outre, une dissymétrie très prononcée entre les capacités calculées à partir des impulsions cathodiques et anodiques, ces dernières étant plus élevées le long de toute la courbe. Ces résultats demandaient donc à être vérifiés.

III. Lors des mesures faites au pont de Wheatstone ([2]), nous avions reconnu que la présence de certaines substances organiques, en particulier de la picéine, avait pour effet d'abaisser considérablement la capacité d'électrode ([3]). Nous avions par conséquent adopté pour les électrodes de mercure des cuvettes hémisphériques de platine *soudées* directement au verre, à l'exclusion de tout mastic, et amalgamées intérieurement pour empêcher la pénétration de la solution entre le mercure et la paroi. Dans les présentes expériences, la surface du mercure, considérée comme calotte sphérique, est de $0^{cm^2},9$.

Le fond de notre récipient de polarisation est constitué par une grande masse de mercure, servant à la fois d'électrode pour les polarisations alternées de courte durée et pour la polarisation permanente. Cette dernière se fait à travers une forte self-induction. Le circuit de polarisation alternée et interrompue (tension continue de 30 à 45 volts, résistance de 5.10^5 à 2.10^6 ohms) comporte un commutateur-interrupteur rotatif dont chaque tour correspond à deux charges cathodiques et deux anodiques. Les impulsions de courant sont séparées par des périodes d'interruption d'une durée double de celle des périodes de charge. L'intensité de courant est de l'ordre 10^{-5} ampère, la quantité d'électricité fournie à l'électrode dans chaque charge, de l'ordre 10^{-7} coulomb.

La différence de potentiel entre l'électrode de mercure étudiée et une électrode auxiliaire de platine (fonctionnant comme électrode à hydrogène) est appliquée à un amplificateur à tension continue, à deux étages. L'oscillographe (type Dubois), branché en dérivation sur le circuit plaque de la lampe de sortie, par l'intermédiaire d'une contre-batterie, accuse un courant de 0,119 mA par 1 mV d'entrée. Sur les oscillogrammes, 1^{mm} d'abscisse correspond à 8.10^{-4} sec, 1^{mm} d'ordonnée à 1,31 mV.

IV. Les valeurs reproduites ci-après ont été obtenues avec une solu-

---

([1]) *Ann. Chim. phys.*, 7e série, **29**, 1903, p. 145.

([2]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1220, 1681 et 2149.

([3]) Cet effet a été également constaté par Froumkine (*loc. cit.*).

tion de LiCl à 0,5 mol-gr/litre, exempte d'oxygène et constamment saturée d'hydrogène. Les potentiels se rapportent à une électrode à calomel plongeant dans la même solution, reliée au récipient par l'intermédiaire d'un robinet fermé. Les mesures faites aux deux fréquences : $\nu = 9\ \mathrm{sec}^{-1}$, durée d'une charge $1,85.10^{-2}$ sec et $\nu = 31\ \mathrm{sec}^{-1}$, durée d'une charge $5,4.10^{-3}$ sec, ont conduit à des valeurs de capacité identiques. Contrairement aux constatations d'Erdey-Gruz et Kromrey (*loc. cit.*), il y a *concordance parfaite entre les capacités calculées à partir de la polarisation cathodique et anodique*. Nous n'avons pu déceler dans nos oscillogrammes aucune trace de dissymétrie.

Potentiel (volts).	μF/cm².	Potentiel (volts).	μF/cm².
—0,534	31,6	—1,35	25,0
—0,705	17,0	—1,49	25,8
—0,960	18,2	—1,63	28,4
—1,16	23,0	—1,80	36,0

Ces valeurs sont en accord avec les capacités déterminées à partir de la courbe électrocapillaire. Le minimum de capacité paraît se situer vers — 0,8 volt.

V. L'indépendance de la capacité de la fréquence indique que, dans l'intervalle de potentiel considéré, les valeurs mesurées représentent les capacités *vraies* de la couche double mercure/solution. La variation en fonction du potentiel semble relever d'un changement de l'épaisseur moyenne du condensateur d'électrode. Il paraît raisonnable d'invoquer, le long de la branche descendante de la courbe de capacité, une augmentation progressive de la proportion de cations dans la couche ionique, aux dépens des anions adsorbés. Sur la branche ascendante, l'accroissement de la capacité serait dû à un rapprochement des deux armatures du condensateur par suite de la déshydratation des cations.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Sur les variations de la biréfringenee magnétique des sels céreux en solution.* Note de M. **Charles Haenny**, présentée par M. G. Urbain.

La biréfringence magnétique résultant de l'existence simultanée, pour une même particule, d'anisotropies optique et magnétique, l'étude de cet effet peut renseigner sur l'une de ces propriétés si l'autre est connue.

L'anisotropie optique moléculaire se détermine, dans le cas des liquides organiques purs, par la mesure de la dépolarisation de la lumière diffusée. L'effet Cotton-Mouton a, par suite, permis de mettre en évidence les variations de l'anisotropie magnétique relative à ces molécules.

L'anisotropie optique des constituants de milieux liquides plus complexes, tels que les solutions de composés minéraux, difficilement décelables de la même manière, paraît être restée tout à fait inconnue.

La mesure de l'anisotropie paramagnétique dont provient la biréfringence magnétique des sels céreux dissous ([1]) est donnée par la valeur du moment magnétique. Celui-ci restant le même pour les divers sels céreux étudiés, quelle que soit la nature de la solution ([2]), l'étude de l'effet magnétooptique sera susceptible d'indiquer le sens des variations de l'anisotropie optique des particules paramagnétiques.

J'ai comparé entre elles les biréfringences magnétiques de six solutions de sels céreux dans l'eau, en présence ou non d'acide libre, et dans l'alcool. La biréfringence magnétique des constituants diamagnétiques pouvant être ici facilement négligée, j'ai rapporté à une même masse de cérum céreux les ellipticités mesurées pour chacune des solutions soumises, dans les mêmes conditions, à l'action d'un même champ magnétique dans l'entrefer de l'électroaimant de l'Académie des Sciences à Bellevue. Ce sont des biréfringences spécifiques désignées ci-dessous par b_s.

Composition des solutions en grammes par gramme de solution.	$\lambda = 546\,\mu$, $t = 25^\circ$ C.
Nitrate céreux : Ce = 0,0701	$-13^\circ{,}86$
» : Ce = 0,1595	$-16{,}8$
» : Ce = 0,2495	$-17{,}9$
Nitrate + HNO^3 : Ce = 0,1404 ; HNO^3 = 0,288	$-11{,}0$
Nitrate double de Ce^{+++} et Mg^{++} : Ce = 0,234	$-16{,}1$
Chlorure céreux + HCl : Ce = 0,1243 HCl = 0,08	$-14{,}5$
Perchlorate céreux + $HClO^4$: Ce = 0,096	$-12{,}3$
Nitrate céreux dans l'alcool : Ce = 0,1314 ; H^2O = 0,1014	$-7{,}0$
Acétate céreux + acide acétique : Ce = 0,0589	$-2{,}3$

On voit que les biréfringences de ces sels céreux sont fortement influencées par la nature du solvant et surtout par celle de l'anion. Les anisotropies optiques relatives aux particules paramagnétiques de ces diverses solutions doivent donc présenter entre elles des différences considérables.

([1]) Ch. Haenny, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1207.

([2]) Ch. Haenny et G. Dupouy, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 843.

Les valeurs de b_s étant particulièrement grandes pour les solutions aqueuses des sels d'acides forts, moins grande pour la solution dans l'alcool et très faible dans le cas de l'acétate, cet effet de biréfringence doit être considéré comme une propriété essentiellement ionique. L'anisotropie optique particulièrement forte de l'ion céreux libre doit être atténuée par la formation de complexes moléculaires ou ioniques, soit que le rapport des axes inégaux de l'ellipsoïde optique se rapproche de l'unité, soit que certains de ces complexes puissent présenter une biréfringence positive capable de compenser partiellement la forte biréfringence négative observée dans le cas où ces solutions sont des électrolytes forts.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Chaleur latente de vaporisation et température caractéristique*. Note (1) de M. **Raymond Lautié**, présentée par M. Georges Urbain.

W. Herz (2) a montré que, pour les liquides normaux ou peu associés, la densité caractéristique $D - D_c$ est reliée à la température caractéristique $\Theta = T_c - T$ par la relation empirique

(1) $$D - D_c = \frac{D_0 - D_c}{T_c^y} \Theta^y$$

et nous savons (3) d'autre part que la différence des densités liquide-vapeur d'un corps pur, pratiquement pas dissocié, obéit à l'équation demi-théorique

(2) $$D - d = \frac{D_0}{T_c^{0,3}} \Theta^{0,3}.$$

Au zéro absolu, les dérivées par rapport à T des relations (1) et (2) doivent être égales. Donc $y/0,3 = D_0/D_0 - D_c$. Comme en général $D_0 = 4D_c$, $y/0,3 = 4/3$, $y = 0,4$ et par conséquent

(3) $$(D - d)^4 = \frac{D_0^4}{(D_0 - D_c)^3} \times (D - D_c).$$

Mac Léod (4) donne

(4) $$\gamma = \frac{\gamma_0}{D_0^4} (D - d)^4,$$

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) W. Herz, *Zeits. für Eleckt.*, 33, 1907, p. 348.

(3) R. Lautié, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 933.

(4) Mac Léod, *Trans. Faraday Society*, 19, 1923, p. 38.

où γ est la tension superficielle. En comparant (3) et (4), nous obtenons

$$(5) \qquad \gamma = \frac{\gamma_0}{(D_0 - D_c)^3}(D - D_c)^3,$$

qui n'est autre que la formule déjà trouvée empiriquement par W. Herz ([1]).

Des résultats précédents, nous déduisons

$$D_c - d = \frac{D_0}{T_c^{0,3}}\Theta^{0,3} - \frac{D_0 - D_c}{T_c^{0,4}}\Theta^{0,4} \qquad \text{et} \qquad \frac{D + d}{2} = D_c + \frac{D_0 - D_c}{T_c^{0,4}}\Theta^{0,4} - \frac{D_0}{2T_c^{0,3}}\Theta^{0,3}.$$

Cette dernière relation s'est souvent montrée aussi satisfaisante que la loi généralisée du diamètre due à Cailletet et Mathias.

W. Herz ([2]) a proposé la relation empirique

$$(6) \qquad L = \frac{L_0}{D_0 - D_c}(D - D_c),$$

où L désigne la chaleur latente de vaporisation. En combinant (5) et (6), nous obtenons

$$(7) \qquad L = \frac{L_0}{\gamma_0^{1/3}} \cdot \gamma^{1/3},$$

déjà démontrée par Van Laar ([3]) par un tout autre raisonnement théorique. Enfin de (3), (6) et (7), nous déduisons

$$(8) \qquad L = \frac{L_0}{D_0^{1/3}} \cdot (D - d)^{1/3} = \frac{L_0}{T_c^{0,4}} \cdot \theta^{0,4}.$$

Nous aurions pu arriver directement à cette relation en nous servant de l'équation théorique (7) de Van Laar et de $\gamma = \gamma_0 / T_c^{6/5} . \theta^{6/5}$ que nous avons déjà proposée (2).

Appliquée sous la forme $L = (11,15) . \theta^{0,4}$ au pentane normal d'après les données expérimentales de Cailletet et Mathias, la relation (8) nous a fourni les résultats suivants :

θ.......	167,2.	157,2.	137,2.	117,2.	97,2.	77,2.	57,2.	37,2.	17,2.	7,2.	2,2.	0.
L (cal/g)...	85,76	84,31	80,07	75,33	69,94	64,48	56,58	47,42	35,01	24,68	15,66	0
L (théor.)...	86,41	base	79,84	74,96	69,56	64,44	56,27	47,37	34,80	24,56	15,64	0

L'accord est satisfaisant.

([1]) W. Herz, *Zeits. anorg. Chem.*, 175, 1928, p. 277.
([2]) W. Herz, *Zeits. anorg. Chem.*, 159, 1927, p. 304.
([3]) Van Laar, *Zeits. anorg. Chem.*, 180, 1929, p. 193.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de la phototropie. Trois nouveaux corps phototropes.* Note [1] de M. **Arnaldo Peres de Carvalho**, présentée par M. Delépine.

I. La phototropie, on le sait, est la propriété que présentent certaines substances de subir un changement de couleur réversible par l'action des radiations lumineuses.

Signalée depuis 1881 (Phipson), elle a fait l'objet de nombreux travaux [2] : pourtant son mécanisme demeure assez complexe et aucune des théories proposées pour son explication n'est capable d'interpréter tous les faits expérimentaux connus.

Jusqu'à présent, en ce qui concerne les substances organiques, elle n'a été rencontrée que dans un nombre très restreint de catégories chimiques.

Au cours de mes recherches, j'ai eu l'occasion de l'observer chez trois nouveaux corps : le diphénacyldiphénylméthane (I), la tétraphényl-2.4.4.6-dihydro-1.4-pyridine (III), le tétraphényl-2.4.4.6-dibenzoyl-3.5-tétrahydro-pyran (IV). A ma connaissance, ces composés constituent dans leurs classes respectives les premiers exemples de corps phototropes; c'est pourquoi j'ai tenu à présenter ces observations, susceptibles d'apporter une contribution à la connaissance du phénomène.

II. Les trois dérivés précités présentent la phototropie à l'état cristallin. Tous les trois, incolores à l'obscurité, deviennent violets par exposition à la lumière, puis reprennent la couleur primitive une fois en dehors de l'action des radiations excitatrices. Pour la tétraphényldihydro-pyridine ainsi que pour le tétraphényldibenzoyl-tétrahydro-pyran, le violet a été la seule couleur observée dans les formes excitées, tandis qu'avec le diphénacyldiphénylméthane, j'ai eu l'occasion d'observer des teintes allant du vert jaune au violet. Cette variation de la couleur induite *semble liée aux dimensions des cristaux.*

L'intervalle de temps nécessaire pour produire une des transformations varie avec le corps en question : ainsi pour le diphénacyldiphénylméthane et pour la tétraphényldihydro-pyridine, l'apparition de la couleur demande quelques minutes à peine, tandis que le tétraphényldibenzoyl-tétrahydro-pyran a besoin d'une excitation bien plus longue. Dans les

---

(1) Séance du 26 décembre 1934.

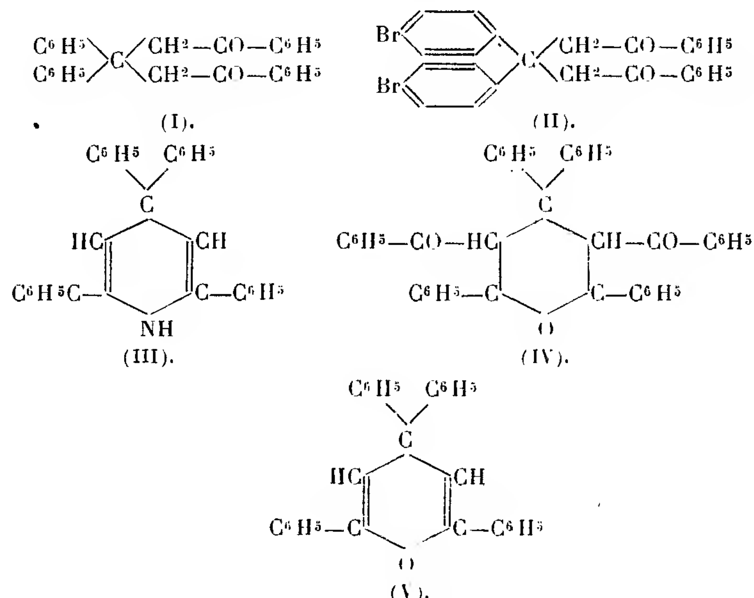
(2) Pour plus de détails voir L. Chalkley, *Chem. Rew.*, 2, 1929, p. 217.

trois cas, la décoloration à l'obscurité est toujours plus lente que la transformation directe (de quelques heures à quelques jours).

J'ai eu encore l'occasion d'observer le phénomène connu sous le nom de fatigue, sur les trois corps étudiés, phénomène qui est cependant plus marqué avec la tétraphényldihydro-pyridine. Ce corps perd complètement les propriétés phototropiques après une dizaine de transformations réversibles complètes et il semble même profondément altéré puisque son point de fusion descend à 225° (au lieu de 235-236° pour le produit pur).

Dans les deux autres dérivés, aucune modification n'a été observée dans les constantes physiques après la perte de la phototropie, et il suffit, dans les trois cas, d'une recristallisation, pour voir apparaître à nouveau les propriétés phototropiques.

Les solutions de ces composés sont insensibles à l'action de la lumière, et si l'on dissout une des formes colorées, même sans élévation de température, la solution obtenue est toujours incolore.



Le changement phototropique des corps étudiés est nettement influencé par la température : aux environs de 80°, les formes colorées deviennent instantanément incolores. Sur la nature des radiations excitatrices, je n'ai pu faire que quelques observations qualitatives. La transformation dans la forme colorée se fait, pour n'importe lèquel des trois composés, à la lumière solaire directe aussi bien qu'à la lumière diffuse et la vitesse de

coloration est singulièrement augmentée si l'exposition se fait à la lumière de l'arc à vapeur de mercure. De plus, la coloration d'un échantillon contenu dans un récipient en verre pyrex est toujours plus lente qu'à travers une paroi de verre ordinaire. Ces observations permettent de conclure que les radiations actives appartiennent à la région des faibles longueurs d'onde, ce qui est d'accord avec les données établies par différents auteurs.

III. Il convient toutefois d'insister sur la différence de comportement vis-à-vis de la lumière de molécules de constitutions assez rapprochées.

Ainsi, tandis que le diphénacyldiphénylméthane est nettement phototrope, le diphénacyl-($p.p'$-dibromo)-diphénylméthane (II) qui ne diffère du premier que par les deux substituants en $p.p'$ ne présente pas la phototropie. De même, la structure de la tétraphényldihydro-pyridine, qui est phototrope, est bien proche de celle du tétraphényl-γ-pyran (V), qui ne l'est pas.

Les propriétés phototropiques doivent donc relever d'un mécanisme intramoléculaire, très délicat, que les plus légères modifications structurales suffisent à déranger.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques réactions du sulfate de cobalt en solution dans la glycérine.* Note [1] de M. **Marcel Châtelet**, présentée par M. G. Urbain.

Le sulfate de cobalt à sept molécules d'eau se dissout en grande quantité dans la glycérine pure, lentement à la température ordinaire en raison de la viscosité du solvant, rapidement à 100°.

I. La solution rouge obtenue, traitée par l'alcool, laisse déposer une masse visqueuse, qui, par essorage prolongé sur une plaque filtrante en pâte de verre, se résout en cristaux rouge foncé qu'il est très difficile de débarrasser de la glycérine qui les souille. Par lavage prolongé au benzène, on s'approche de la formule $(SO^4Co)^3C^3H^8O^3$, mais il reste toujours un excès notable de glycérine dans les cristaux. Si, au contraire, on cherche à préparer ce corps en faisant digérer le sulfate de cobalt heptahydraté dans la glycérine, le corps obtenu contient toujours un peu moins de glycérine que ne le veut la formule, parce que l'on n'arrive pas à déplacer d'une façon absolument complète l'eau de cristallisation du sulfate initial.

---

(1) Séance du 10 décembre 1934.

II. Alors que les solutions aqueuses de SO^4Co donnent avec l'ammoniac un précipité d'hydroxyde, soluble en jaune, seulement dans un excès de réactif, et que la solution ainsi obtenue, très instable, ne permet pas d'isoler la combinaison formée, la solution glycérique additionnée de solution ammoniacale à 20 pour 100 vire au jaune sans donner de précipité et donne une liqueur qui additionnée de son volume d'alcool absolu laisse précipiter une poudre jaune pâle dont la composition centésimale correspond à la formule



$$(SO^4Co.4.NH^3)^3(C^3H^8O^3).$$

Ce corps se conserve parfaitement à l'air sec, mais les moindres traces d'humidité le décomposent avec précipitation d'hydroxyde de cobalt.

III. Si, dans une solution saturée de sulfate de cobalt dans la glycérine, on fait passer un courant de gaz chlorhydrique sec, il se produit une réaction assez énergique se traduisant par un échauffement de la masse, et l'on peut dissoudre dans la solution des quantités de plus en plus grandes de $SO^4Co, 7H^2O$ jusqu'au moment où le gaz HCl continuant à passer, il se produise une précipitation abondante. Le produit filtré et essoré se compose de chlorure de cobalt combiné à de la glycérine. Le courant d'acide HCl a donc déplacé l'acide sulfurique du sulfate de cobalt. Le produit brut obtenu est souillé d'impuretés constituées par de l'acide sulfurique et chlorhydrique et de la glycérine; après lavage au benzène et à l'éther, il ne subsiste plus que des traces d'acide chlorhydrique libre et la composition du corps violet obtenu correspond à la formule $CoCl^2C^3H^8O^3$.

Il est à remarquer que le précipité qui se forme dans la solution est très probablement un corps $(CoCl^2)(C^3H^8O^3)nHCl$ qui, lors de la filtration à l'air, perd n molécules d'HCl libre. En effet, $(CoCl^2)(C^3H^8O^3)$, maintenu dans un courant d'HCl, devient bleu et donne une combinaison dont je n'ai pas encore pu déterminer la formule.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des produits de décomposition du perchlorate d'ammonium.* Note de M. **Maurice Dodé**, présentée par M. G. Urbain.

D'après Groth [1], la décomposition du perchlorate d'ammonium aurait lieu d'une façon comparable à celle des perchlorates alcalins



$$(1) \qquad ClO^4NH^4 = ClNH^4 + 2O^2;$$

[1] *Pog. Ann.*, 133, 1868, p. 213.

cette réaction étant néanmoins accompagnée d'une réaction secondaire donnant naissance à un peu de chlore.

Au contraire, d'après Berthelot (¹), il se formerait de l'eau, du chlore, de l'azote et de l'oxygène :



$$(2) \qquad 2ClO^4NH^4 = Cl^2 + 4H^2O + N^2 + 2O^2.$$

Ayant, pour ma part, observé de façon fortuite que la décomposition de ce sel donnait naissance à des vapeurs nitreuses, produits non signalés par les expérimentateurs précédents, il me parut intéressant de reprendre la question.

L'étude a été effectuée sur du perchlorate d'ammonium commercial purifié par quatre cristallisations dans l'eau, puis séché dans le vide sur anhydride phosphorique. Le sel ainsi obtenu se décompose lentement à partir de 150° et déflagre vers 400°, la réaction étant alors accompagnée de lumière; les produits fournis par la décomposition sont différents suivant que celle-ci a lieu avec ou sans explosion, mais en aucun cas ils ne correspondent aux équations données ci-dessus.

Lors de la décomposition lente, il se sublime bien une matière blanche, analogue comme aspect au chlorure d'ammonium, mais elle est constituée par du perchlorate d'ammonium absolument exempt de chlorure; il y a là un phénomène de sublimation apparente, due à une dissociation du sel suivie d'une recombinaison dans les parties froides, qui a induit Groth en erreur.

Quant à l'équation de Berthelot, elle est également inexacte en ce sens qu'il considère comme de l'azote ce qui est en réalité son protoxyde N^2O. La réaction principale doit alors être écrite



$$(3) \qquad 4ClO^4NH^4 = 2Cl^2 + 8H^2O + 2N^2O + 3O^2.$$

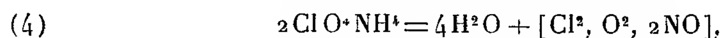
Il se forme en outre un peu d'un oxyde du chlore, probablement ClO^2, des traces d'azote et des traces de produits nitreux.

Lorsque la réaction est effectuée au-dessus de 300°, la proportion d'azote et de vapeurs nitreuses tend à augmenter, mais même au voisinage de 400°, la réaction (3) est encore prépondérante.

A température plus élevée, la décomposition devient explosive et s'effectue suivant un mécanisme tout à fait différent; il se forme encore bien de l'eau et du chlore, mais la presque totalité de l'azote passe à l'état

(¹) *Ann. Chim.*, 5ᵉ série, 27, 1882, p. 218.

nitreux ; comme on se trouve en présence de chlore et d'oxygène, on obtient un mélange complexe correspondant à l'équilibre du système Cl^2, O^2, NO^2, N^2O^3, NOCl. La réaction peut alors s'écrire



$$(4) \qquad 2ClO^4NH^4 = 4H^2O + [Cl^2, O^2, 2NO],$$

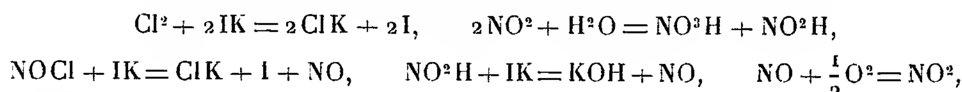
la partie entre crochets représentant la composition globale de ce système complexe.

Cette équation (4) n'est d'ailleurs qu'une équation limite, très probablement applicable à la déflagration de grosses quantités de perchlorate d'ammonium. Dans les conditions où nous opérions ($0^g,2$ à $0^g,3$ de matière) la durée de l'échauffement n'était pas négligeable, en sorte que, les réactions (3) et (4) se superposant, nous avons toujours eu formation de protoxyde d'azote et d'azote (de 5 à 10 pour 100 de chacun suivant les essais).

Nous voyons donc que la décomposition du perchlorate d'ammonium est à rapprocher de celle du nitrate qui, au voisinage de sa température de fusion, fournit du N^2O sensiblement pur, alors qu'à température plus élevée l'azote et le nitrosyle apparaissent.

Méthodes suivies pour l'étude de la décomposition. — Le perchlorate d'ammonium ($0^g,2$ à $0^g,3$) est chauffé dans le vide et les gaz formés sont condensés par l'air liquide; seuls l'oxygène et l'azote se dégagent. La décomposition terminée, on introduit dans l'appareil 50 à 60^{cm^3} d'oxygène, de façon à rendre possible la transformation en azotyle de tout le nitrosyle présent. A partir de ce moment deux méthodes ont été utilisées :

a. On laisse réchauffer et l'on introduit 10^{cm^3} d'iodure de potassium normal; le chlore et les oxydes supérieurs de l'azote s'absorbent :



$$Cl^2 + 2IK = 2ClK + 2I, \qquad 2NO^2 + H^2O = NO^3H + NO^2H,$$

$$NOCl + IK = ClK + I + NO, \qquad NO^2H + IK = KOH + NO, \qquad NO + \tfrac{1}{2}O^2 = NO^2,$$

soit à la limite $NO^2 + 1/2\,O^2 + IK = NO^3K + I$.

On condense à nouveau dans l'air liquide et l'on extrait l'excès d'oxygène. Le remplacement de l'air liquide par le mélange neige carbonique acétone provoque le dégagement du N^2O.

Outre l'iode libéré, la solution aqueuse peut également contenir des oxydes du chlore, qui réagissent mal sur l'iodure de potassium en milieu neutre; on ajoute alors 5^{cm^3} d'acide sulfurique N/2 :



$$ClO^2 + 5IK + 2SO^4H^2 = KCl + 2SO^4K^2 + 5I + 2H^2O,$$

Le dosage de l'iode fournit la somme du chlore, du nitrosyle et des

oxydes du chlore; celui de l'acide disparu donne une idée sur la teneur en oxydes du chlore. Le dosage final de la somme iode plus chlore permet d'avoir le chlore total; combinés aux gaz recueillis, ces résultats fournissent tous les éléments nécessaires à l'analyse.

b. On laisse réchauffer et l'on introduit 10^{cm^3} d'une solution de potasse normale; le chlore, ses oxydes et les oxydes supérieurs de l'azote s'absorbent. On extrait le N^2O comme précédemment; la réduction du nitrate de potassium à l'état d'ammoniac permet le dosage des vapeurs nitreuses. Cette méthode est particulièrement utile pour la caractérisation des traces de vapeurs nitreuses qui prennent naissance lors de la décomposition lente; il faut alors les rechercher par colorimétrie, au moyen du nitrophénate d'ammonium.

Un Mémoire détaillé paraîtra dans un autre Recueil.

MÉTALLURGIE. — *Sur le recuit de l'aluminium pur et son utilisation possible comme criterium de pureté de ce métal.* Note de M. **Jean Calvet**, présentée par M. Léon Guillet.

On sait que la présence d'impuretés dans un métal en diminue habituellement la vitesse de recuit après écrouissage. On devait donc s'attendre à ce que l'aluminium de très grande pureté, que l'on prépare industriellement en France, se recuise rapidement à des températures relativement basses. Les expériences qui suivent montrent qu'il en est bien ainsi; mais nous avons observé de plus que la vitesse de recuit du métal laminé était influencée à un extrême degré par les moindres variations dans la teneur des impuretés.

Pour étudier l'action des éléments étrangers, nous avons comparé, après leur avoir fait subir un même écrouissage, les vitesses de recuit d'une série d'aluminiums raffinés dont les titres allaient de 99,96 (aluminium Hoopes) à 99,9986 (le meilleur métal fabriqué jusqu'ici en France). Les échantillons étudiés contenaient les impuretés habituelles : fer, silicium et cuivre, dosables par des méthodes colorimétriques. Leur spectre d'arc a montré en plus la présence d'une très faible quantité de magnésium.

Le mode d'écrouissage adopté a été un laminage à froid de l'aluminium en lingots, amenant l'épaisseur de $20^{mm},4$ à $1^{mm},5$ en 10 passes. Tous les métaux ont été laminés très exactement de la même façon : c'est là une nécessité absolue si l'on veut étudier l'influence des impuretés et elle seule.

En outre, l'expérience nous ayant montré que l'aluminium très pur évolue vite après écrouissage même à des températures à peine supérieures à la température ambiante, nous nous sommes efforcé d'éviter autant que possible l'échauffement du métal au cours du laminage et pendant la préparation des éprouvettes de traction.

Voici tout d'abord la charge à la rupture des métaux laminés, avant tout recuit :

Titre du métal.....	99,9986	99,997	99,996	99,995	99,99	99,98	99,96
R (en kg/mm²).....	12,68	13,33	13,90	14,10	14,55	14,80	15,98

On voit qu'elle augmente d'une façon très régulière avec la teneur en impuretés.

Mais c'est surtout dans l'étude des vitesses de recuit que l'on trouve entre ces métaux des différences considérables. Nous avons consigné dans le tableau suivant quelques-uns des résultats obtenus pour l'aluminium le plus pur :

Aluminium à 99,9986 *environ.*

Durée à 130°...	0.	15 s.	30 s.	45 s.	2 min.	1 h.	6 h.	14 h.	43 h.	113 h.		
R (kg/mm²)...	12,21	6,89	5,88	5,14	5,17	5,01	5,09	5,43	5,12	5,17	–	–
Allong. (°/₀)...	8,5	34,3	41,1	46,4	51,1	51,4	48,9	49,3	50	61,8	–	–
Durée à 100°...	0.	45 s.	2 min.	6 min.	10 min.	1 h.	6 h.	24 h.	72 h.	120 h.		
R (kg/mm²)...	12,97	7,22	5,99	5,40	5,19	5,37	5,40	5,08	4,94	5,08	–	–
Allong. (°/₀)...	6,2	18,5	43,3	46,3	50	54,4	55,5	55,9	51,8	50,9	–	–
Durée à 80°....	0.	2 min.	10 min.	20 min.	1 h.	6 h.	16 h.	24 h.	48 h.	96 h.	168 h.	192 h.
R (kg/mm²)...	12,44	8,42	6,22	5,32	5,34	5,03	5,11	5,03	5,23	5,11	5,22	5,02
Allong. (°/₀)...	8,4	11,5	31,5	43,8	47,7	46,1	53,8	49,6	54,6	51,9	55,7	53,1
Durée à 60°....	0.	10 min.	1 h.	2 h.	6 h.	24 h.	48 h.	96 h.	192 h.	312 h.	384 h.	
R (kg/mm²)...	12,69	9,02	6,52	6,83	5,71	5,58	5,82	5,41	5,48	5,26	5,61	–
Allong. (°/₀)...	9	16,1	23,1	19,1	42,3	42,3	53,8	40,4	47,3	40,4	44,2	–
Durée à 40°....	0.	10 min.	1 h.	6 h.	24 h.	48 h.	96 h.	192 h.	384 h.			
R (kg/mm²)...	12,51	12,32	10,54	7,73	7,17	6,30	6,90	6,11	6,61	–	–	–
Allong. (°/₀)...	8,1	8,1	9,2	22,2	22,9	32,2	35,2	34,8	32,2	–	–	–
Durée à 16°....	0.	40 h.	96 h.	192 h.	480 h.	4128 h.						
R (kg/mm²)...	12,86	8,72	7,94	8,71	7,11	6,75	–	–	–	–	–	–
Allong. (°/₀)...	9,2	17,8	16,4	21,4	37,5	42,8	–	–	–	–	–	–
Durée à 0°.....	0.	48 h.	96 h.	192 h.	480 h.							
R (kg/mm²)...	12,86	11,08	10,40	9,47	8,77	–	–	–	–	–	–	–
Allong. (°/₀)...	9,2	9,3	12,5	15	12,8	–	–	–	–	–	–	–

On peut voir qu'après un écrouissage dans les conditions spécifiées précédemment, le recuit de l'aluminium à 99,9986 est terminé après 6 à 10 minutes à 100°. L'évolution est encore rapide à 16° et, après un temps suffisant, on arrive à un métal présentant un fort allongement. Enfin il se produit un recuit même à 0° et il est probable qu'à des températures encore inférieures la diminution de la charge à la rupture doit être nettement marquée.

Lorsque la teneur en impuretés augmente, les vitesses de recuit diminuent d'une façon tout à fait frappante. Par exemple, à 100°, un métal à 99,997 n'est pas encore complètement recuit après 6 heures. Lorsque le titre s'abaisse à 99,996 la vitesse de recuit à 100° devient très petite : après 240 heures la charge à la rupture a diminué senlement de 17 pour 100 et l'allongement n'a pas encore augmenté. Ce même métal à 99,996 n'évolue pas encore très vite à 175°, température à laquelle son recuit complet exige environ 48 heures. On doit remarquer d'ailleurs que des variations sur le titre du métal aussi faibles que celles que nous venons de citer et qui n'atteignent guère que 1/100000e traduisent en réalité des changements très importants dans la quantité des impuretés; il n'est donc pas étonnant qu'elles aient des répercussions considérables sur les propriétés du métal.

Dans le cas des métaux plus impurs, il faut s'élever encore dans l'échelle des températures pour obtenir des changements rapides : à 225° un aluminium à 99,99 n'est pas tout à fait recuit après 1 heure; le même résultat n'est pas encore atteint après 24 heures avec un métal à 99,98, et après 100 heures, avec un métal à 99,96.

Il résulte de ces expériences que l'étude du recuit après écrouissage de l'aluminium raffiné constitue un moyen extrêmement sensible permettant de déterminer le degré de pureté du métal.

Cette étude nous a montré, en outre, qu'un aluminium à 99,9986 environ présente un recuit spontané déjà rapide à la température ambiante. C'est là un exemple net du rôle énorme que jouent les petites quantités d'éléments métalliques étrangers présents dans l'aluminium; il est, par suite, possible d'envisager pour le métal complètement dépourvu d'impuretés des propriétés d'écrouissage et de recuit se rapprochant de celles du plomb.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline de la manganite.* Note [1] de M. **Jules Garrido.**

Les minéralogistes ont rapproché la manganite ($Mn^2O^3.H^2O$) du diaspore ($Al^2O^3.H^2O$) et de la goethite ($Fe^2O^3.H^2O$) à cause des analogies cristallographiques (paramètres, clivages, etc.). Il nous a paru intéressant de voir au moyen des rayons X jusqu'à quel point cette analogie se poursuit dans la structure.

On connait les structures du diaspore [2] et de la gœthite [3]; voici ce que nous avons trouvé pour la manganite.

La plupart des cristaux de manganite que nous avons utilisés montrent au microscope en lumière réfléchie deux systèmes de plages à orientation optique différente. Mais les diagrammes qu'ils nous ont fourni aux rayons X ne diffèrent pas de ceux obtenus avec un cristal optiquement homogène.

Les dimensions de la maille, mesurées à l'aide de la méthode du cristal tournant autour des trois rangées principales sont :

$$a = 8,84\,\text{Å}, \qquad b = 5,23\,\text{Å}, \qquad c = 5,74\,\text{Å}.$$

avec 8^{mol} (MnO.OH) dans la maille.

Il faut placer donc, 8 atomes de manganèse, 16 d'oxygène et 8 d'hydrogène.

L'étude des diagrammes de rayons X permet de constater que les spectres de diffraction (HKL) avec H ou L impair sont extrêmement faibles et peu nombreux. Cette observation nous conduit à envisager une sous-période très marquée avec les dimensions $a = 4,42$ Å; $b = 5,23$ Å; $c = 2,87$ Å. C'est la maille trouvée par Ferrari et Scherillo [4].

Dans une première approximation nous allons faire abstraction de la maille véritable et considérer seulement la sous-période. Les indices (*hkl*) des plans et les coordonnées étant rapportés à cette sous-période, on arrive

---

(1) Séance du 26 décembre 1934.

(2) Deflandre, *Bull. Soc. franc. Min.*, 55, 1932, p. 140.

(3) Goldsztaub, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 964.

(4) Ferrari et Scherillo, *Zeit. f. Krist.*, 78, 1931, p. 496.

aux règles de sélection suivantes :

Spectres *hk0* : aucune loi d'extinction;
Spectres *0kl* : disparaissent quand $k+l=$ nombre impair;
Spectres *h0l* : disparaissent quand $h+l=$ nombre impair.

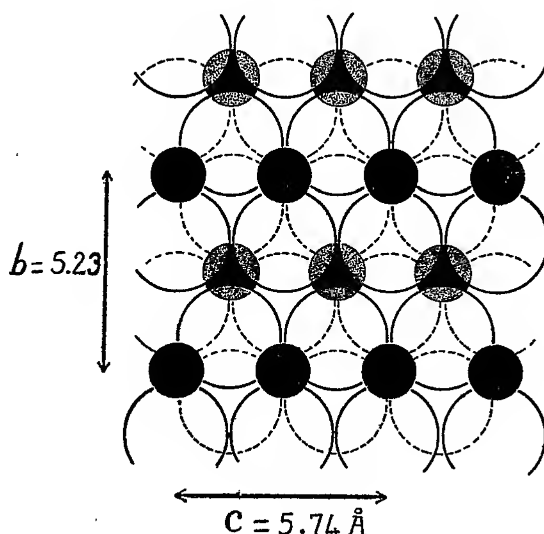
Ce qui nous conduit au groupe P*nnm*(D_{2h}^{12}) *pour la sous-période*.

Le volume occupé par chaque atome d'oxygène dans la manganite, $16,8\times10^{-24}$ cm³, est voisin de celui qui correspond à un empilement compact. Cet empilement, d'après les dimensions de la maille, ne peut être que du type hexagonal.

Pour former un assemblage de cette sorte dans le groupe P*nnm*, les atomes d'oxygène doivent occuper des positions voisines de celles déterminées par les coordonnées.

0,250;	0,662;	0
0,750;	0,338;	0
0,250;	0,162;	0,5
0,750;	0,838;	0,5.

Les spectres (*hkl*) où la somme $h+k+l$ est égale à un nombre impair sont très faibles ou nuls, cette observation nous conduit à placer les atomes



de manganèse (à pouvoir diffusant bien plus grand que celui de l'oxygène) dans des positions telles qu'ils forment un réseau centré. Cette condition, jointe à celles imposées par le groupe P*nnm*, nous obligent à placer les

atomes de manganèse à l'intérieur des lacunes octaédriques de l'assemblage des atomes d'oxygène, dans les positions o o o et $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$. Il est facile de se rendre compte de cette disposition dans la figure ci-contre. Cet arrangement des atomes rend qualitativement compte des intensités observées sur les diagrammes. Elle attribue le nombre de coordination 6 au manganèse avec une distance Mn — O = 1,97 Å.

La structure décrite se rapproche de celles du diaspore et de la gœthite par la disposition hexagonale compacte des atomes d'oxygène mais elle s'en distingue nettement par l'arrangement tout différent des atomes métalliques.

N'oublions pas qu'il s'agit d'une première approximation de la structure. Il faudra revenir à la maille véritable pour arriver à distinguer les atomes O^{--} des groupes OH^{-}; ce dont on n'a pas tenu compte dans ce qui précède.

MINÉRALOGIE. — *Action de la chaleur sur quelques oxydes de manganèse naturels.* Note (¹) de M. **Stoyan Pavlovitch.**

Les résultats que j'ai obtenus précédemment pour la braunite (²) et pour la hausmannite (³) m'ont conduit à examiner d'une manière plus précise les transformations produites par la chaleur sur ce dernier minéral et sur d'autres oxydes de manganèse naturels. Elles ont été mises en évidence au moyen de l'analyse thermique différentielle réalisée à l'aide du galvanomètre double de Saladin-Le Chatelier, et les produits obtenus dans des conditions de température et de milieu bien déterminées ont été identifiés d'une part aux rayons X par la méthode de Debye et Scherrer, d'autre part au microscope en lumière polarisée réfléchie.

Hausmannite. — La production des macles observées antérieurement à haute température sur les cristaux de hausmannite naturelle est accompagnée, dans l'air ou dans l'azote, d'une absorption de chaleur à 950° et à 1160° (courbe I) sans variation de poids et sans changement apparent de structure, les diagrammes de rayons X étant identiques à ceux de la hausmannite naturelle. On obtient les mêmes résultats dans l'oxygène et l'analyse thermique ne manifeste aucune oxydation du minéral en Mn^2O^3.

(¹) Séance du 26 décembre 1934.

(²) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1400.

(³) *C. R.* 67ᵉ *Congrès Soc. sav.*, 1934, p. 87-89.

Polianite. — Les transformations de MnO^2 sous l'action de la chaleur ont été étudiées par beaucoup d'auteurs [1], mais principalement sur des oxydes préparés au laboratoire. Les résultats obtenus sont souvent contradictoires.



J'ai repris l'étude de l'oxyde naturel sur des agrégats cristallins de Horhausen (Prusse rhénane) et de Bou Arfa (Maroc) dont la pureté a été vérifiée au microscope. L'analyse thermique dans l'air (courbe IV) ou dans l'azote (III) révèle deux inflexions endothermiques, l'une très accentuée vers 570°, l'autre plus faible vers 950°. Le minéral préalablement desséché à 110°, puis chauffé dans l'air à 550°-600° pendant 12 heures, subit une perte de 9,80 pour 100 correspondant au départ d'un atome d'oxygène avec formation de Mn^2O^3, cause du premier phénomène endothermique. La poudre noire obtenue est constituée par des grains faiblement anisotropes dont le pouvoir réflecteur (0,23) est plus élevé que celui de la hausmannite [2], et dont les caractères d'attaque sont différents (corrosion profonde en 5 secondes par HCl et HF concentrés).

Chauffée entre 600° et 890°, la poudre conserve toutes ses propriétés;

---

(1) Christiensen, *J. prakt. Chemie*, 28, 1883, II, p. 1; Simon et Fehler, *Zeit. f. Elektrochemie*, 38, 1932, p. 137; Drucken et Hüttner, *Zeit. f. physikal. Chemie*, 131, 1927, p. 237.

(2) J. Orcel et S. Pavlovitch, *Bull. Soc. franç. Minér.*, 54, 1931, p. 130

notamment les diagrammes X sont les mêmes, mais il est à remarquer qu'ils sont analogues à ceux obtenus avec la hausmannite, fait constaté par M. P. Dubois sur l'oxyde préparé au laboratoire (1). Entre 900° et 1000° (pendant 8 heures), la poudre devient brune et perd 3,34 pour 100 de son poids. Il s'est formé de la hausmannite maclée.

Dans l'oxygène, on obtient les mêmes résultats que dans l'air, mais la courbe d'analyse thermique (V) manifeste au refroidissement l'oxydation de Mn^3O^4 en Mn^2O^3.

Manganite. — L'analyse thermique dans l'air (VII) ou dans l'azote (VI) de la manganite d'Ilefeld montre deux phénomènes endothermiques à 370° et à 940° (température atteinte en une demi-heure). La déshydratation de la manganite dans l'air à 300° pendant 7 heures fournit de la polianite (2), le diagramme de rayon X du produit obtenu et sa courbe d'analyse thermique sont les mêmes que pour la polianite naturelle. Mais si l'on déshydrate dans l'azote pendant 10 heures entre 300° et 370°, il y a, après le départ de 9,95 pour 100 H^2O, formation de Mn^2O^3. J'ai identifié ce produit comme celui issu de la polianite. A 940° cet oxyde se transforme en Mn^3O^4 avec départ d'oxygène (courbe II), et un cristal de manganite donne naissance à un agrégat de cristaux de hausmannite finement maclés. Enfin l'analyse thermique de la manganite dans l'oxygène (VIII) donne les mêmes résultats que dans l'air, mais elle met en évidence, au refroidissement, la transformation de Mn^3O^4 en Mn^2O^3. En résumé, on voit que la nature de l'oxyde obtenu par déshydratation de la manganite dépend des conditions d'échauffement. La transformation en polianite ne se produit dans l'air que par chauffage suffisamment prolongé.

GÉOLOGIE. — *Structure tectonique de la région Cannes-Antibes (Alpes-Maritimes).* Note (3) de M. **A. Kazmitcheff**, transmise par M. Ch. Barrois.

La région que nous avons étudiée s'étend, à l'Ouest, du bord oriental du Tanneron, limité par la basse vallée de la Siagne, jusqu'à la Brague au Nord-Est et au Nord, tandis que la côte méditerranéenne forme ses limites orientales et méridionales.

---

(1) P. Dubois, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1416.

(2) A. Gorgeu, *Bull. Soc. franç. Minér.*, 2, 1888, p. 196.

(3) Séance du 26 décembre 1934.

On sait que les termes sédimentaires qui entrent dans sa constitution comprennent des horizons variés, allant des grès bigarrés de la base du Trias jusqu'au Quaternaire compris; le tout affecté de lacunes nombreuses et importantes. Cet ensemble stratifié repose, par les grès bigarrés triasiques, sur un substratum cristallophyllien constitué de gneiss et de micaschistes.

Les sédiments triasiques et jurassiques de cet ensemble sont plissés et faillés, suivant une direction qui, dans le nord-ouest d'Antibes est NE-SW, et NNE-SSW, en moyenne, dans la région de Cannes. Dans la région d'Antibes on distingue, du Sud au Nord, les anticlinaux de la Californie-la-Croix-Rouge, de la Valmasque, de la Bouillide, du Val Martin et de Valbonne. Ces plis, peu accentués pour la plupart, sont compliqués d'accidents tectoniques de même orientation. Ce sont, du Sud au Nord :

1° la zone failleuse de Vallauris-la-Croix-Rouge, qui met en contact, le gneiss et le Trias moyen, au Sud-Ouest, et l'Hettangien avec les dolomies néojurassiques au Nord-Est. L'inclinaison des failles qui la constituent est inconnue;

2° la zone failleuse de la Valmasque, mettant en contact, les deux flancs de l'anticlinal bathonien inférieur avec des dolomies néojurassiques, par l'intermédiaire de failles dont le pendage n'a pu être déterminé;

3° la zone failleuse de la Bouillide.

Il y a de fortes présomptions enfin, en faveur de l'existence de failles importantes, non encore dépistées, entre l'anticlinal faillé du Val Martin et celui de Valbonne.

La portion méridionale de la presqu'île d'Antibes est également affectée d'une faille Est-Ouest, $i = 60°$Nord, qui met en contact des « plateures » de Bathonien supérieur avec des dolomies néojurassiques.

La région de Cannes est plus tranquille. Dans les environs du Four-à-Chaux, on décèle un réseau serré de plis et de failles. Au nord-est d'Auribeau sur Siagne, on observe la faille importante du Vallon Notre-Dame, qui met en contact gneiss et Trias moyen, et dont l'orientation est identique à celle des failles de la région d'Antibes.

Certainement postérieurs au Jurassique, ces accidents semblent aussi être postérieurs à l'Éocène local, qui, quoique non entamé par les failles même, est partout concordant au Jurassique et participe à son modelé. Le Pliocène, par contre, incline faiblement à l'est et au sud-est, au nord-est de la région. Cela permet de conclure que conformément aux résultats acquis dans la chronologie tectonique des pays limitrophes et, en particulier, des pays à structure homologue du Nord (environs de Grasse), les orogenèses pyrénéenne (post-lutétienne et antéoligocène), et alpine (post-helvétique

et antépliocène), peuvent être responsables de la structure tectonique observée. L'étude tectonique des chaînes pyrénéo-alpines du nord de Grasse montre en effet que c'est entre l'Éocène et le Plaisancien que se situe leur déformation. Celle-ci semble bien s'être accomplie en deux stades successifs, dont le premier, pyrénéen, a produit des plis Est-Ouest, déversés et chevauchant vers le Nord. Le suivant, alpin, a modelé la structure préexistante en y provoquant une série de chevauchements du Nord vers le Sud.

Dès lors, puisque les régions voisines portent les traces de deux groupes de sollicitations, chacun caractérisé par deux séries de chevauchements distincts, on peut espérer de trouver, dans la structure tectonique de la région d'Antibes, des traces de ces deux sollicitations; les données stratigraphiques connues le permettent. C'est alors que, si l'on considère que le fait d'être plissée indique que la région a été latéralement comprimée, on est amené à concevoir ses failles comme des failles inverses ou failles de *compression*. Or, si on les conçoit telles, l'examen de la nature stratigraphique des contacts montrera que ces failles doivent être, pour celles qui mettent en regard des terrains plus vieux au Nord avec des terrains plus jeunes au Sud, inclinées vers le Nord, tandis que celles qui mettent en contact des terrains plus jeunes au Nord, avec des terrains plus anciens au Sud, inclinées au Sud. C'est ainsi que, tenant compte des données statistiques acquises dans l'étude des pays voisins, l'on attribuera les failles à chevauchement SE → NW à des actions pyrénéennes, tandis que celles à chevauchement NW → SE devront être rattachées aux reprises alpines.

De plus, on concevra théoriquement, que l'orogenèse alpine, venant à la suite de l'orogenèse pyrénéenne, ait modifié dans une certaine mesure la structure tectonique acquise de celle-ci. Cela se traduira par le redressement à la verticale, par un renversement même, des surfaces de failles primitivement inclinées au Sud-Est. Le double jeu de ces sollicitations tectoniques est confirmé par de nombreuses structures de détail (Vallauris, nord-est de Cannes, la Garoupe).

On est en droit de conclure que la région canno-antiboise se rattache étroitement, par l'intermédiaire de l'anticlinal du Bar [1], à la région du nord de Grasse, tant au point de vue de la structure, que de la chronologie des accidents tectoniques étudiés.

---

[1] J. Goguel, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 157-159; *C. R. Soc. géol. Fr.*, 13, 1934, p. 175-177; A. Lanquine, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 428-431; L. Bertrand et P. Goby, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 678-680; L. Bertrand, *C. R. Soc. géol. Fr.*, 13, 1934, p. 177.

GÉOLOGIE. — *L'âge du Flysch de la périphérie de la chaîne calcaire du Rif.* Note (¹) de MM. **Paul Fallot** et **Louis Doncieux**, présentée par M. Ch. Jacob.

Alors que l'on tenait pour généralement nummulitiques les terrains de cette zone du Flysch, nous avons établi (²) par des faunes de Foraminifères que le Crétacé supérieur s'y trouvait représenté.

Sur la base de ces premières observations, l'un de nous a repris, en 1934, l'étude des crêtes de Flysch couronnées de grès qui s'étendent à l'extérieur de la dorsale calcaire du Rif, depuis Menkal, à 8^{km} à l'Ouest de Tetuan, jusqu'au Dj. Tisighen.

Dans l'arête au Sud de Menkal, le Flysch formé de marnes peu schisteuses, sombres, alternant vers le haut avec des grès quartzeux roux, s'avère presque partout crétacé. Seuls quelques affleurements localisés (bande synclinale Filalix-Saada-Dj. Chajbalu; synclinal Sud-Nord à partir du coude de l'O. Hayera face à Zinat; crête au Sud-Est de Nusen; bande coupant l'O. B^{i}. Ider au Nord de Xehbex) ont montré du Nummulitique.

Le Crétacé prédomine de même au Dj. Afurit (Nord de Taranect), à la Kalaa de Beni Raten, à la Cudia Taimus, à la Yemaa el Beida, où les grès avaient jadis été rapportés à l'Oligocène pour leur analogie avec les vraies Areniscas de l'Aljibe.

Le fond de la vallée de l'O. Nagla et la crête séparant Socco el Arbaa des Beni Lait sont aussi en partie formés de Flysch secondaire. Mais, dans cette crête, des complications tectoniques associent étroitement Flysch crétacé et Flysch nummulitique. La vallée de l'O. Haba et les versants au pied Ouest du Dj. Izmamen, le substratum du lac artificiel de l'Oued Lau, la haute vallée de l'O. Lau jusqu'à Bab Taza nous ont fourni surtout des repères lithologiques d'aspect crétacé. Il en est de même du versant occidental de la haute crête du Dj. Sidi Sugna qui sépare le bassin de l'O. Lau de celui du haut Loukkos, comme de la crête du Dj. Jesana à l'Ouest de Bab Taza.

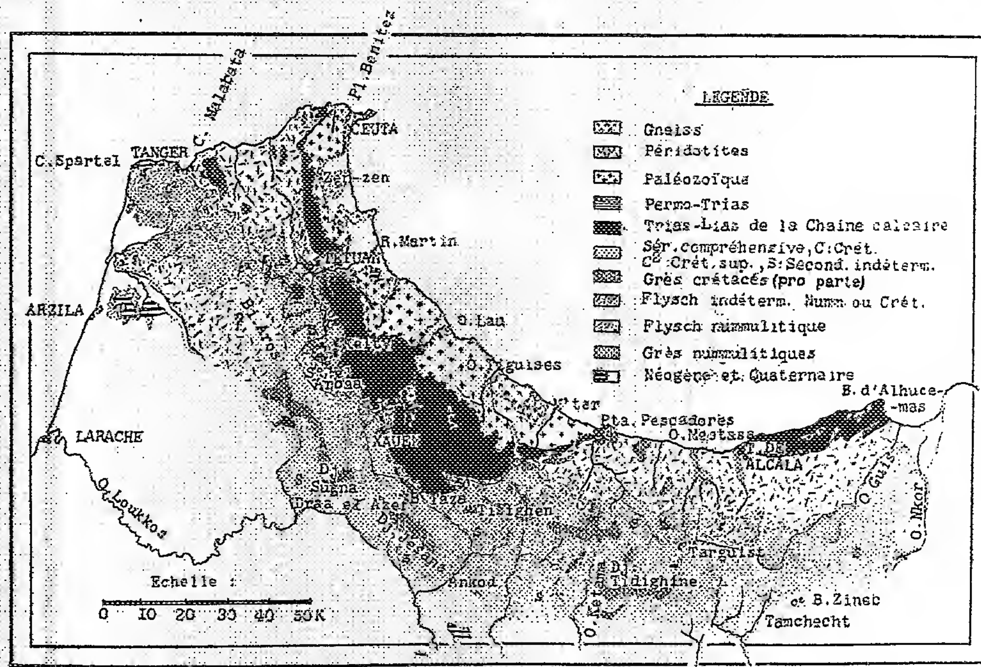
Vers le Sud-Est de la chaîne calcaire, le Nummulitique n'apparaît que dans le Dj. Amatras, déjà près de la chaîne calcaire.

(¹) Séance du 26 décembre 1934.

(²) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 927.

Ainsi de l'Oued Xékor à Bab Berret, sur de très vastes espaces, le Flysch marneux de la périphérie de la chaîne calcaire est principalement crétacé et non nummulitique.

Le problème est plus délicat en en ce qui concerne les importantes masses gréseuses qui culminent dans le Dj. Tisighen, dans la crête du Dj. Jesana, et qui s'alignent du Dj. du S^t^. Sugna au Dj. Afraifa et aux hautes crêtes



des Beni Aros. Ces grès ont tous des positions et des faciès analogues : ils sont en masses inclinées qui s'effilent obliquement et semblent s'insérer dans le Flysch basal. Au Dj. Tisighen, des intercalations marno-calcaires de la base des grès ont fourni des *Aptychus*. Vers le km 22-23 de la route Bab Taza-Targuist, le prolongement effilé de la série gréseuse supporte *en discordance* un Flysch rose éocène certain

Dans la crête du Dj. Jesana, aucun niveau ne nous a fourni de fossiles, mais l'effilement des grès dans un Flysch d'aspect crétacé y est très net.

Dans le Dj. S^t^. Sugna, outre que la série basale est sénonienne, on voit les grès s'effiler vers le Nord et une partie d'entre eux semble s'insérer sous les couches de S^t^. Biniaya (Sidi el Hadj Barraca) où nous avons mentionné le Crétacé supérieur (*loc. cit*).

Des constatations analogues peuvent se faire sur le prolongement septentrional de cette crête. Il semble donc que certaines, sinon toutes les masses gréseuses qui couronnent le Flysch, du Dj. Tisighen à l'Ouest de Tetuan, doivent être rapportées (comme les grès du pied Ouest du Dj. Kalaa de Xauen qui, eux, sont datés) au Crétacé supérieur.

Le croquis ci-dessus montre l'extension que va prendre dès lors le Flysch crétacé, le Flysch nummulitique étant surtout développé aux abords de la chaîne calcaire, et vers le Nord-Ouest, dans les Andjeras.

On y verra aussi que, dès le Nord de Socco el Arbaa, les bandes de grès du Flysch crétacé soulignent, par leur allongement orienté en gros Est-Ouest, l'existence d'accidents presque perpendiculaires à ceux de la chaîne calcaire.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Densité de la haute atmosphère calculée d'après les phénomènes crépusculaires.* Note (¹) de M. F. LINK, présentée par M. Ch. Fabry.

Il y a déjà douze ans que Lindemann et Dobson (²) ont publié leur théorie des météores et les résultats relatifs à la densité de la haute atmosphère. Ces résultats surprenants et combattus depuis semblaient indiquer que les densités de la haute atmosphère sont supérieures aux chiffres généralement admis dans ces régions, d'où la nécessité de supposer des températures de l'ordre de 300°K.

Il m'a été possible de confirmer leurs résultats par une méthode toute différente de la leur, sauf un point commun, la supposition de la présence d'un gaz à ces altitudes.

Pour ce but j'ai utilisé les phénomènes crépusculaires, dont la manifestation la plus simple est la brillance du ciel au zénith. Connaissant la brillance du ciel crépusculaire en comparaison avec celle du Soleil, il serait possible de calculer la densité de l'air en fonction de l'altitude, si toutefois la diffusion secondaire ne compliquait pas le phénomène. Heureusement il reste encore une autre méthode, celle des variations de la brillance en fonction de la dépression du Soleil.

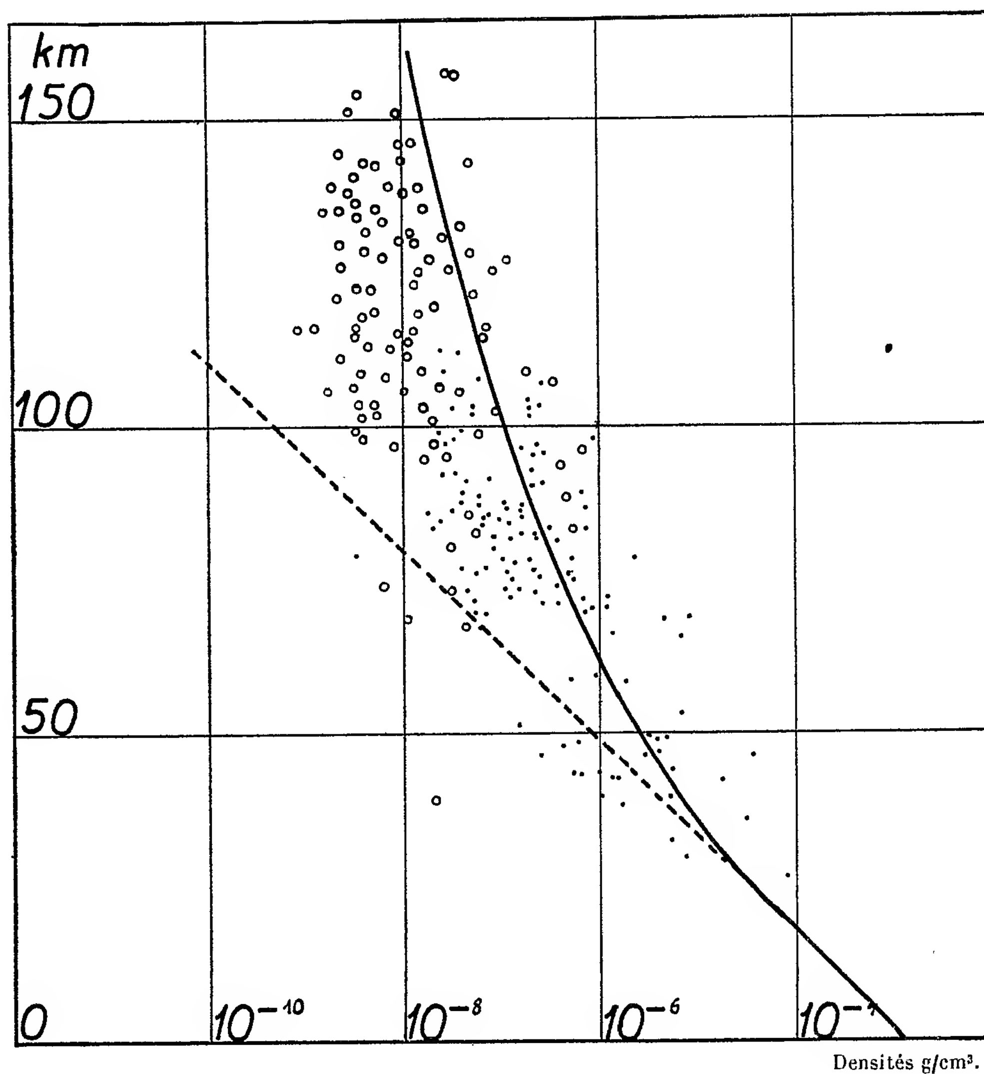
Dans une atmosphère isotherme la densité de l'air ρ varie avec l'alti-

(¹) Séance du 26 décembre 1934.

(²) *Proc. of the Royal Soc. London*, 102, 1922, p. 411.

tude h suivant la loi

$$\rho = \rho_0 e^{-\beta h},$$



Densités g/cm³.

et la brillance du ciel au zénith est donnée par l'équation différentielle [1]

$$(1) \qquad \frac{\frac{db}{dU}}{b} = \beta \sin U,$$

où U est la dépression du Soleil.

[1] *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 303.

Notons en passant que l'intégrale de cette formule n'est que la relation empirique de Schembor

$$\log b = -\beta \cos U + \text{const.}$$

Il est facile de démontrer que la formule (1) est encore valable dans le cas où l'on fait intervenir la diffusion secondaire telle qu'elle se présente de 5° à 15° de dépression.

Les observations courantes donnent la courbe $\log b = f(U)$ dont la pente est proportionnelle à $\beta \sin U$. On en déduit β en fonction de U. Il suffit encore d'exprimer U par l'altitude h et la simple intégration numérique ou graphique nous donne la courbe $\log \rho = f(h)$. J'ai adopté la relation

$$h = 1 - \cos U$$

qui donne l'altitude de l'ombre géométrique sur la verticale d'observation.

D'après une série de mesures que j'ai faites au refuge de Rysy à 2300^m d'altitude j'ai obtenu la courbe reproduite ci-dessus. C'est en somme le diagramme de Lindemann et Dobson dans lequel j'ai dessiné ma courbe. Je suis parti de la densité de l'air à 30^{km} connue d'après les ascensions de ballons-sonde et par l'intégration graphique j'ai obtenu la courbe dessinée en trait plein. Les petits cercles et points sont les densités calculées d'après les apparitions ou les extinctions de météores respectivement. L'accord est bon et d'autant plus satisfaisant qu'il s'agit de deux méthodes très différentes.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude de l'albédo de la neige dans le spectre infrarouge.* Note de M. **Joseph Devaux**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai déjà exposé [1] les résultats de nombreuses mesures photométriques et actinométriques de l'albédo de la neige et des glaciers. J'utilisais pour ce travail des appareils essentiellement transportables, ce qui me permettait d'opérer sur la neige et les glaciers des Pyrénées, des Alpes et du Groenland. Les mesures photométriques étaient faites sous filtre, et les mesures actinométriques fournissaient simplement l'albédo global pour le flux énergétique solaire.

Je me suis proposé de faire la même étude, mais avec un spectrographe comportant un récepteur thermique. Comme la neige, et, d'ailleurs les

---

[1] J. Devaux, *Annales de Physique*, 10e série, 20, juillet-août 1933, p. 5.

glaciers, sont des diffuseurs, on dispose de peu d'énergie. C'est pourquoi j'ai été obligé d'utiliser un montage délicat installé dans deux laboratoires très stables, à l'Observatoire du Pic du Midi, station d'altitude (2860^m). Il permet d'étudier en toutes saisons la couche naturelle de neige.

Méthode. — Elle consiste à comparer le spectre du rayonnement diffusé par la neige au Soleil, à celui d'un diffuseur connu, quartz diffusant, éclairé dans les mêmes conditions. De cette comparaison, on déduit immédiatement le facteur de diffusion de la neige pour la région spectrale étudiée.

Le rayonnement diffusé par la neige normalement à sa surface est renvoyé, par un miroir plan, horizontalement dans un premier laboratoire. Une lentille concentre le faisceau sur la fente d'un spectrographe autocollimateur à miroir concave argenté, et à prisme de 30° argenté face arrière; le récepteur est une pile thermoélectrique à vide, branchée sur un galvanomètre sensible placé dans un second laboratoire. Les déviations de ce premier galvanomètre sont amplifiées par un relais optique dont le récepteur, une cellule auto-génératrice, est branché sur un second galvanomètre de même période que le premier. Les oscillations de ce galvanomètre sont enregistrées photographiquement. Pour éviter les erreurs considérables dues à la dérive du premier galvanomètre (variations lentes de la température de la pile thermoélectrique à vide), je place devant la fente du spectrographe un obturateur commandé par un pendule entretenu de même période que celle des deux galvanomètres; on obtient ainsi un *radiomètre à résonance*. On enregistre une série d'oscillations dont l'amplitude est proportionnelle à l'intensité du rayonnement de la neige.

Résultats. — Voici, pour quelques longueurs d'onde, les résultats concernant une couche de neige fondante à gros grains, d'après les enregistrements du 17 avril 1934, vers le milieu de la journée.

Longueur d'onde.......	0$^\mu$,6	0$^\mu$,8	0$^\mu$,9	1$^\mu$,0	1$^\mu$,1	1$^\mu$,2	1$^\mu$,3	1$^\mu$,4	1$^\mu$,5
Facteur de diffusion....	0,67	0,61	0,55	0,34	0,40	0,18	0,21	0,08	0,01

A partir de la bande Ψ, due à la vapeur d'eau atmosphérique, la neige fondante à gros grains absorbe pratiquement tout le rayonnement solaire. La courbe du facteur de diffusion en fonction de la longueur d'onde présente deux minima nets, l'un vers 1$^\mu$,0, l'autre vers 1$^\mu$,2. Ces longueurs d'onde correspondent sensiblement aux bandes d'absorption de l'eau ou de la glace; mais la présence de fortes bandes telluriques, $\rho\sigma\tau$, Φ, Ψ, de la vapeur d'eau atmosphérique, empêche de faire des vérifications précises.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur les foyers d'atmosphériques et leur localisation.* Note [1] de M. **R. Bureau**, présentée par M. Ch. Maurain.

Les sources d'atmosphériques individuels se groupent en foyers d'étendue variable dont la localisation à tout instant présente un grand intérêt en météorologie.

1. Localisation goniométrique. — Le goniomètre doit remplir deux conditions : permettre l'enregistrement de plusieurs foyers simultanés de directions différentes; ne répondre que dans un secteur angulaire étroit α autour de chaque source. Une solution est donnée par la combinaison de deux récepteurs branchés sur deux cadres perpendiculaires à condition de provoquer, après *redressement*, l'opposition *instantanée* des courants produits par les atmosphériques *individuels* à la sortie des deux amplificateurs [2]. L'angle α varie avec le champ produit par les atmosphériques. Cette variation qui est due à un effet de seuil dépend du mode d'opposition adopté.

a. Opposition différentielle [3]. — L'angle α ($\widehat{COD}$ *fig.* 1) *augmente avec l'intensité* du champ enregistrable et tendant vers une limite ω ($\widehat{AOB}$) qui dépend elle-même de l'amplification relative des deux récepteurs.

b. Opposition par interdiction ou verrouillage [4]. — L'angle α *diminue avec l'intensité* du champ, partant de la valeur limite ω ci-dessus, et tendant vers zéro (*fig.* 2).

Suivant les cas, il y a intérêt à choisir l'un ou l'autre mode d'opposition ou une combinaison des deux.

Dans l'opposition différentielle, la variation de α permet d'enregistrer

---

(1) Séance du 26 décembre 1934.

(2) R. Bureau, *U. R. S. I.*, Washington, fasc. 5, 1927, p. 6. *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 2073, et **198**, 1934, p. 1057; *Radio Research Board*, London, 1931, p. 58, et 1932, p. 73.

(3) On applique à la grille d'une lampe la différence des courants ou des tensions redressés recueillis à la sortie des deux amplificateurs (exemple appareil de Saint-Cyr, modèle 1933).

(4) Un relais commandé par le second cadre, coupe, à chaque atmosphérique reçu par ce cadre, le circuit d'utilisation d'un relais commandé par le premier cadre. Ce dernier ne peut donc provoquer une inscription que si le second cadre n'a pas recueilli d'atmosphériques (exemple : appareil de Saint-Cyr, modèle 1932).

sur le même diagramme la direction apparente de l'émetteur (milieu de l'inscription) et l'intensité du champ (largeur de l'inscription), ce qui peut servir dans les recherches sur la propagation.

On peut, au contraire, désirer que α varie peu avec le champ. On y parviendra en commandant l'amplification f du récepteur 2 (paralyseur) par la tension redressée e recueillie à la sortie du récepteur 1 (inscripteur) — (f augmentant avec e).

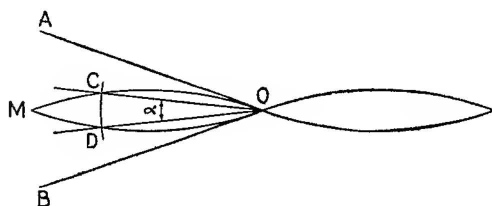


Fig. 1.

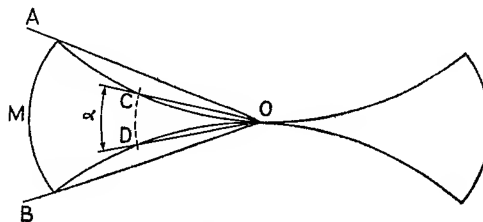


Fig. 2.

Nota. — Le rayon vecteur OC est inversement proportionel au champ; OM correspond au champ le plus faible enregistrable.

2. Localisations non goniométriques. — Beaucoup sont basées sur la variation diurne dans la propagation des ondes provenant de sources lointaines. J'ai utilisé les suivantes :

a. Atmosphériques nocturnes (¹). — Leur existence permet déjà de conclure à un grand éloignement des foyers (plusieurs milliers de kilomètres). S'ils sont à l'ouest du récepteur, on obtient un ordre de grandeur de leur distance en admettant qu'ils se révèlent sur l'enregistreur au moment où la nuit les atteint. Par contre, tout flux d'atmosphériques, insensible aux passages nuit à jour ou jour à nuit, provient de foyers proches (quelques centaines de kilomètres).

b. Crevasse au coucher du Soleil (²). — On l'observe sous forme d'un affaiblissement bref (environ 50 minutes) et brutal, pour des foyers d'azimut compris entre Nord-Est et Sud et de moyen éloignement (1500 et 3000^{km}). La crevasse débute, pour les foyers à l'Est, à peu près au moment où la nuit les atteint.

c. Variations avec l'onde. — Certains foyers s'enregistrent sur une onde, mais sont trop lointains pour s'enregistrer sur une autre; citons les foyers américains s'enregistrant la nuit sur 27 kc/s, mais non pas sur 85 kc/s. Ceci permet une télémétrie approximative.

(¹) Concerne les ondes d'environ 27 kc/s.
(²) Concerne les ondes d'environ 27 kc/s.

d. Rotation rapide des sources proches. — La vitesse approximative des perturbations orageuses et la vitesse angulaire de déplacement des flux peuvent donner une estimation de la distance des foyers correspondants.

D'autres méthodes ont été proposées qui dispensent même du goniomètre [1]. Elles doivent être employées comme les précédentes avec une grande prudence, ne serait-ce que parce qu'elles introduisent des paramètres nouveaux pour lesquels on est amené à admettre des valeurs un peu arbitraires. Pour le moment, le principal intérêt des localisations non goniométriques est d'aider au dépouillement et à l'interprétation des diagrammes goniométriques en facilitant en particulier la séparation et l'identification de flux souvent multiples.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réaction singulière d'un Haricot* (Phaseolus Mungo *Hort.*) *à une lésion de la graine.* Note [2] de Mlle **Colette Gauthier**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Parmi les Haricots étudiés en vue du développement de l'axe hypocotylé [3], j'en ai trouvé un dont le comportement est singulier. Il s'agit d'un Adzuki (*Phaseolus Chrysanthos* Hort. ou *Phaseolus Mungo* Hort.), race provenant du Japon, dont on a récolté de bonnes graines à la Station Berthelot à Bellevue (Seine-et-Oise) et à Angers (Maine-et-Loire) depuis 1929.

La lésion consiste en la séparation de la gemmule par un coup de lancette sur les haricots trempés depuis 24 heures. La réaction extérieure est peu apparente. Contrairement à ce qui se produit pour d'autres *Phaseolus* étudiés, l'axe hypocotylé des blessés est en moyenne à peine plus court et plus épais ($2^{mm},5$ de long sur 2^{mm}) que celui des témoins ($2^{mm},6$ sur $1^{mm},5$). D'ailleurs les Adzukis blessés présentent une turgescence plus accusée.

Au point de vue anatomique, les différences provoquées sont très profondes et pour le moins inattendues. Il apparaît un périderme de blessure, *Wundperiderm*, selon l'expression de Haberlandt [4] et, parallèlement, il se produit un dédoublement de l'endoderme qui fournit trois ou quatre cercles de cellules portant les plissements caractéristiques de ce tissu.

Chez le témoin, l'axe hypocotylé se compose d'un épiderme régulier

(1) J. Lugeon, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1059.

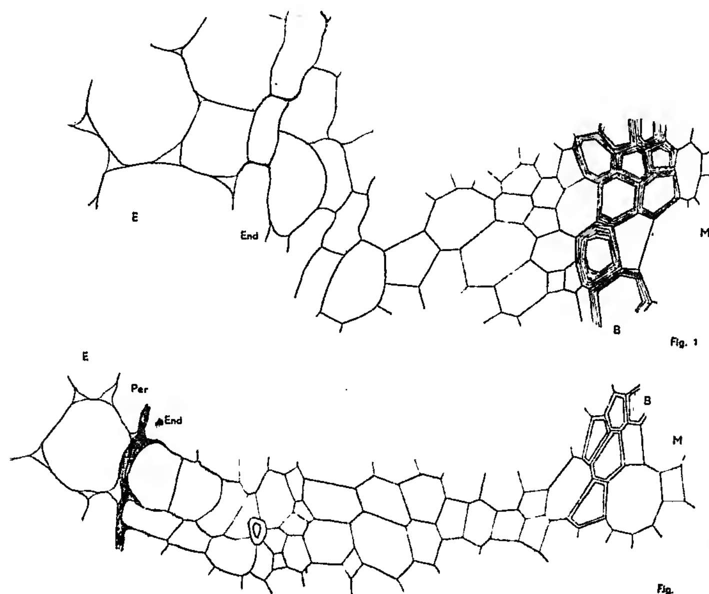
(2) Séance du 26 décembre 1934.

(3) C. Gauthier, *Ann. Sc. Nat.*, 10e série, 16, 1934, p. 63.

(4) G. Haberlandt, *Physiologische Pflanzenanatomie*, 5e édition, 1918, p. 131.

entourant de grandes cellules corticales à méats, bordées vers l'intérieur d'un endoderme formé d'une seule couche de cellules à section rectangulaire (*fig.* 1, *End.*); puis viennent huit à dix couches de cellules de parenchyme en voie de division et quelques îlots de bois bien marqué limitant une moelle à grands éléments.

Au cours de mes recherches, en mai et juin 1933, les deux particularités



énoncées ont été très marquées sur toutes les coupes d'axes hypocotylés des blessés. L'endoderme (*fig.* 2, *End.*) s'est dédoublé irrégulièrement puisqu'en beaucoup de points on trouve trois couches superposées et alignées radialement. Ce tissu endodermique n'est pas homogène : les couches internes sont formées de cellules étroites et étirées tangentiellement, tandis que la couche externe se compose de cellules larges et épaisses dans le sens radial. Après coloration des coupes au carmin vert d'iode, les premières sont teintées en rose, même sur les plissements, tandis que la couche externe retient l'attention par sa coloration vert foncé (*fig.* 2, *Per*). Au fort grossissement, on constate que la membrane cellulosique des cellules externes, qui correspondent à l'emplacement de l'endoderme primitif s'il n'y avait pas eu de lésion, s'est chargée vers l'extérieur d'une masse complémentaire d'épaississement qui retient violemment le vert d'iode. Remarquons d'ailleurs que les vaisseaux du bois de l'axe hypocotylé des

blessés sont moins nombreux, et surtout que leurs membranes sont beaucoup moins différenciées, l'épaisseur étant réduite au quart de celle des vaisseaux des témoins (*fig.* 2, *B.*). Enfin, le parenchyme libérien et ligneux, peu différencié chez les témoins, est composé chez les blessés d'une quinzaine de couches cellulaires à éléments petits, polygonaux et en voie de division sur toute l'épaisseur.

Tout se passe comme si la lésion avait provoqué une altération du tissu : augmentant sa turgescence; multipliant les éléments cellulaires plus jeunes; entraînant, ce qui est tout à fait exceptionnel, la division de l'endoderme et un dépôt de matériaux fixant le vert d'iode dans l'endoderme au détriment du bois. Ce sont des réactions qui apparaissent à la suite d'une piqûre de galle, ou d'une lésion provoquant une régénération de tissus dans une tige adulte comme les décrit E. Küster (¹).

En 1934 j'ai repris les essais et ne parlerai que de deux séries échelonnées dans le temps. La première, du 12 mai au 12 juin, fournit des axes hypocotylés dont les coupes transversales rappellent par beaucoup de traits celles qui avaient été obtenues en 1933. Elles n'en diffèrent que par le comportement de la cellule externe de l'endoderme dédoublé, dont la paroi externe est toujours teintée en vert foncé, la couleur s'étalant sur une épaisseur beaucoup moindre.

Dans une autre série du même Adzuki, après lésion le 23 juin et germinations jusqu'au 4 juillet, je n'ai pas retrouvé, sur les nombreuses coupes observées, la présence de périderme de blessure. L'endoderme, presque toujours simple, ne se dédoublait faiblement que dans une coupe observée sur dix, et souvent même les cadres des cellules n'étaient pas teintés de vert

L'Adzuki *Phaseolus Mungo* Hort. réagit aux lésions de l'axe hypocotylé de façon toute différente de celle des autres Haricots; de plus les réactions sont différentes suivant les époques de mise en germination, comme je l'ai établi pour d'autres altérations vasculaires des axes hypocotylés de Haricots, dans mon Mémoire déjà cité. Mais je crois devoir surtout insister ici sur le dédoublement de l'endoderme, phénomène rare et caractéristique de quelques familles ou genres définis. D'autre part, il serait nécessaire de s'assurer que les matériaux incrustant le bois (lignine) se sont tout simplement déplacés pour charger la face externe du tissu endodermique où l'on s'attend à trouver ce que les chimistes appellent la subérine.

(¹) E. Küster, *Pathologische Pflanzenanatomie*, 3e édition, 1925, p. 76 et suiv.

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Variations des caractères de grains des espèces élementaires d'*Hordeum distichum *L.* Note [1] de M. **Émile Miège**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La subdivision, faite par de Neergard (1889), complétée par Bolin (1893), des grands groupes d'*Hordeum* en espèces élémentaires = α, β, γ, δ, a été acceptée par tous les auteurs, qui, sauf Broili (1906), ont admis la constance des caractères de la rachilla et des nervures du grain, qui les différencient. Cependant, les très nombreuses et minutieuses observations que nous poursuivons, depuis 1920, sur un grand nombre de lignées pures de diverses variétés d'orges [2] cultivées au Maroc, à l'abri de tout mélange et vicinisme soit à Rabat, climat littoral, soit à El Hajeb, climat continental (altitude 1100^{m}), nous ont permis de constater des variations importantes :

1. Aucune lignée importée d'Europe n'est restée botaniquement pure, quelle que soit l'espèce élémentaire originelle.

2. Les modifications observées portent surtout sur l'abondance des épines, mais aussi sur la longueur et la nature des poils du pédicelle.

3. Ces dernières se traduisent, soit : *a.* par l'apparition brusque, peu fréquente, et au moins partiellement héréditaire, de grains à poils courts dans les types à poils longs (Gulkorn et Moravie); *b.* par la transformation, moins rare et plus ou moins complète, de poils courts en poils longs ou intermédiaires, ou d'une façon brusque et non héréditaire (*Primus* de Svalof γ), ou brutale et partiellement héréditaire (*Chevalier* II de Svalof γ), ou progressive et héréditaire (*Comtesse* 0,117 γ, *Chevalier* 0,343 γ, *Chevalier* III γ).

Nous avons noté, en outre, des fluctuations dans les dimensions du pédicelle [3].

4. Les plus sensibles sont les espèces élémentaires inermes et à poils longs, la descendance du type α ayant toujours donné des grains épineux et rarement à poils courts γ ou δ. Les sortes γ sont plus fixes, leur descen-

(1) Séance du 26 décembre 1934.

(2) 30 000 grains examinés chaque année, un à un, à la loupe et au binoculaire obj. a 0, ocul. 4, grossissement 27. Les variétés examinées provenaient, à l'origine, de la Société d'Encouragement à la culture des orges de brasserie (Moravie, Gulkorn, Comtesse, Chevalier) de M. Blaringhem (sortes 601-313; 625 M 13; 635; 597 M 23) et de l'Institut de Svalof (Cou de Cygne, Princesse, Hannchen, Orge Primus).

(3) Em. Miège, *Assoc. franç. pour l'avanc. des Sc.*, Chambéry, 1933, p. 514-515.

dance restant en majorité γ, mais renfermant fréquemment des grains δ et des grains à poils plus longs. Les types β, bien que modifiés au début de leur introduction, recouvrent ordinairement leurs caractères primitifs et restent stables par la suite; enfin, les types δ, également affectés au premier acclimatement, donnent ultérieurement une majorité de lignées stables de même nature, tout au moins lorsqu'elle est d'origine pure δ. Par ordre décroissant de stabilité relative, on peut donc classer, comme suit, les espèces élémentaires = β, δ, γ, α d'*Hordeum distichum* L. Les orges polystiques et, en particulier, les escourgeons indigènes, généralement épineux (β), sont au contraire très fixes.

5. Bien que le climat soit vraisemblablement la cause des modifications constatées, les observations météorologiques ne permettent pas de discriminer l'influence propre des divers facteurs climatiques sur ces variations, que la chaleur et la sécheresse au moment de l'épiaison paraissent, toutefois, favoriser, surtout en ce qui concerne l'apparition des épines. L'altitude paraît favorable aux types inermes.

6. L'examen des tableaux généalogiques montre que la multiplication des épines a été surtout marquée sur le littoral (Rabat) et au cours des campagnes 1923, 1929 et plus encore 1927, tandis que les années 1928-1930, et surtout 1926, ont favorisé le maintien ou le retour des types inermes et cela avec des alternatives plus ou moins désordonnées.

7. Les caractères visibles sur les grains des espèces élémentaires d'*Hordeum distichum* (épines et nature des poils) — considérés jusqu'ici comme absolument héréditaires et constants — se sont donc révélés, dans une longue série d'essais, instables et variables. Cette rupture de la fixité d'attributs spécifiques n'entame pas, à notre avis, le dogme de l'immutabilité des espèces, et peut s'expliquer en admettant que les lignes étudiées — stables dans leur pays d'origine — étaient, en réalité, le produit d'hybrides anciens insoupçonnés [1] qui, sous l'influence d'un changement brusque de milieu et d'un climat nouveau et sévère, se sont disjoints. Cette ségrégation de «jordanons» obéirait, d'ailleurs, aux lois de l'hérédité naudinienne ou en mosaïque, car un même épi renferme, à la fois, des grains de plusieurs espèces élémentaires.

---

[1] Les hybridations spontanées et interspécifiques d'orge sont, du reste, relativement fréquentes ainsi que nous l'avons indiqué (Miège et Grillot, *Bull. Soc. Sc. nat. du Maroc*, 13, n°s 4-6, 30 juin 1933, p. 143-155).

PHARMACODYNAMIE. — *Action de la spartéine sur l'inversion des effets hypertenseurs de l'adrénaline par trois phénoxyéthylamines.* Note de M. René Hazard, présentée par M. A. Desgrez.

La spartéine, qui rétablit un certain degré d'hypertension adrénalinique chez l'animal d'abord soumis à l'action de l'yohimbine (1), exerce-t-elle les mêmes effets à l'égard des nombreux *adrénalinoverseurs* synthétiques (2) actuellement connus ?

La recherche a été faite sur trois phénoxyéthylamines (3) : Phénoxy-1-diméthylamino-2-éthane $C^6H^5 - O - CH^2 - CH^2 - N(CH^3)^2$ ou 407 J. L., Bi (phénoxy-1-éthyl) amine $(C^6H^5O - CH^2 - CH^2)^2NH$ ou 408 J. L., Phénoxy-1-diéthylamino-2-éthane $C^6H^5 - O - CH^2 - CH^2 - N(C^2H^5)^2$ ou 413 J. L. ou 928 F.

Lorsque, chez l'animal d'abord soumis à l'action de ces corps, l'adrénaline abaisse la pression artérielle, la spartéine ($0^g,01$ à $0^g,02$ du sulfate par kilogramme) supprime toujours cette hypotension adrénalinique.

Avec ces doses ou des doses plus fortes de spartéine, l'hypertension adrénalinique reparaît avec une intensité variable suivant les produits et les animaux en expérience. Jamais elle ne retrouve sa valeur initiale comme intensité, quelles que soient les doses de spartéine injectées (4); mais sa durée peut être beaucoup plus prolongée qu'au normal (*fig.* 1).

La vasoconstriction rénale adrénalinique, supprimée par les trois composés étudiés, reparaît, elle aussi, sous l'influence de la spartéine. Elle peut parfois redevenir assez intense pour retrouver en amplitude une valeur voisine de la normale, et dépasser celle-ci en durée.

---

(1) R. Hazard, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 486. La spartéine n'est pas seule à exercer cet effet de *désinversion*. L'extrait posthypophysaire agit de même à l'égard de l'yohimbine (R. Hamet) et, pour certains auteurs, à l'égard des alcaloïdes de l'ergot (cf. R. Hamet, *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 810); la nicotine à l'égard du F. 883 et du F. 933 (G. de Vleeschhouwer, *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 1247); le gardénal à l'égard de l'yohimbine (G. Ungar, *C. R. Soc. Biol.*, 117, 1934, p. 572). D'après des recherches en cours, l'éphédrine viendra se ranger aussi dans ce groupe des *désinverseurs*.

(2) Ces composés ont été préparés par E. Fourneau, D. Bovet et P. Maderni, *Arch. Int. de Pharm. et de Thér.*, 47, II, 1934, p. 138, et par Jeanne Lévy et E. Ditz, *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 842.

(3) Ces trois produits ont été mis à ma disposition par Mlle Jeanne Lévy.

(4) On note dans ce cas, comme dans celui de l'yohimbine, la grande tolérance des animaux à la spartéine.

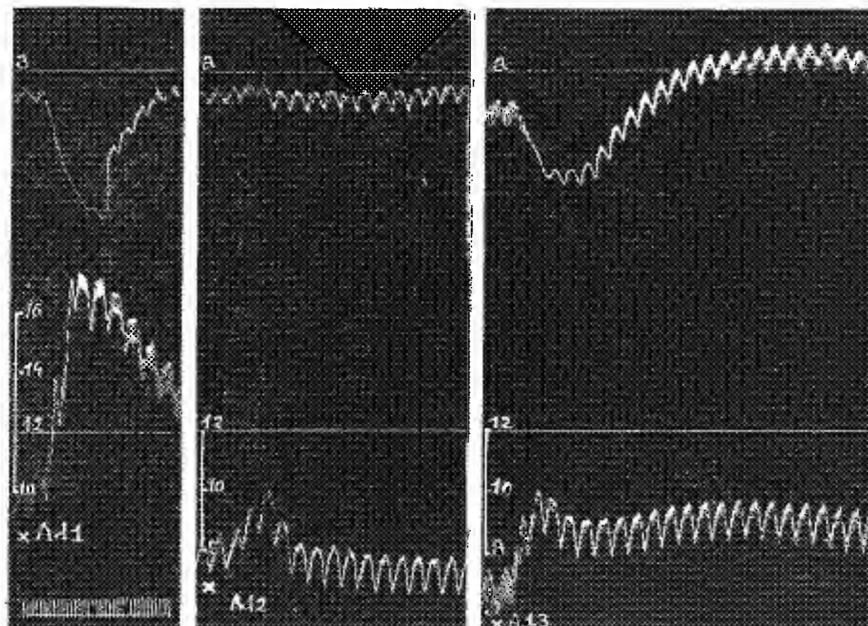


Fig. 1. — *Inversion par le 413; retour partiel sous l'influence de la spartéine des effets hypertenseurs de l'adrénaline.*

Chien ♀ 3kg,4, chloralosé; vagotomie double; respiration artificielle. En haut: tracé oncographique du rein, avec trait repère commun *a*. Au-dessous, pression carotidienne (en cm/Hg). En bas à gauche, les temps, en secondes. L'animal reçoit par la voie intraveineuse : en Ad 1, Ad 2 et Ad 3 1/100e de milligramme de chlorhydrate d'adrénaline en tout; entre Ad 1 et Ad 2 0g,04 de 413 par kilogramme; entre Ad 2 et Ad 3 0g,12 de sulfate de spartéine par kilogramme (tracé réduit de 1/5).

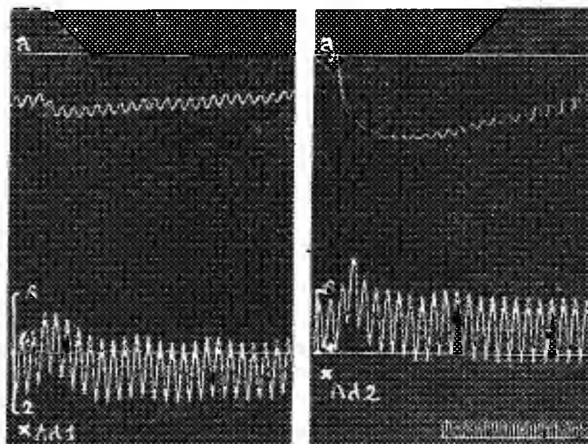


Fig. 2. — *Dissociation entre les effets vasoconstricteurs rénaux et hypertenseurs de l'adrénaline.*

Chien ♀ 7kg, chloralosé; vagotomie double; respiration artificielle. En haut, tracé oncographique du rein avec trait repère commun *a*. An-dessous, pression carotidienne (en cm/Hg). En bas à droite, les temps, en secondes. L'animal a reçu 0g,05 de 407 par kilogramme. On lui injecte : en Ad 1 et en Ad 2 3/100e milligramme de chlorhydrate d'adrénaline en tout; entre Ad 1 et Ad 2 0g,02 de sulfate de spartéine par kilogramme (voie intraveineuse) (tracé réduit de 1/5).

Elle annonce parfois le retour de l'hypertension avant que celle-ci commence à se manifester. On peut ainsi la voir (*fig.* 2) très marquée, alors que le tracé de la pression montre une hypertension à peine sensible, ou même une véritable hypotension (¹).

La spartéine supprime donc l'inversion des effets hypertenseurs de l'adrénaline provoquée par trois phénoxyéthylamines, et ramène un degré plus ou moins marqué d'hypertension et de vasoconstriction rénale adrénaliniques.

EMBRYOGÉNIE. — *Les mitoses irrégulières des mérocytes vitellins au cours de l'embryogenèse des Sélaciens* (Scylliorhinus canicula *L. Gill*). Note (²) de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les noyaux ou mérocytes (Rückert) du syncytium vitellin des Sélaciens ont une double origine; ils dérivent, soit des spermies surnuméraires, soit, par l'intermédiaire des cellules profondes du blastodisque, du premier noyau de segmentation; dans le premier cas ils sont haploïdes et bientôt dégénérés; dans le second, ils sont diploïdes, manifestent une grande activité et colonisent le plancher syncytial de la cavité blastuléenne. Nous ne nous occuperons que de ces derniers.

Leur étude cytologique, négligée jusqu'ici, offre un intérêt considérable, tant au point de vue de leur participation à la naissance et au développement de l'embryon, qu'en ce qui concerne la mise à l'épreuve de la continuité génétique des chromosomes et des centrosomes. Les karyokinèses mérocytiques, défient, en effet, toute règle numérique et montrent, tout au moins sous le rapport de la quantité, un partage très inégal du stock chromatique entre les noyaux fils.

Les figures de mitoses pluripolaires des mérocytes ressemblent beaucoup à celles de certaines cellules cancéreuses; cette conformité d'allure dans des tissus aussi différents, l'un normal, l'autre pathologique, interdit qu'on les considère autrement que comme l'indication commune d'une suractivité

(¹) Plusieurs paralysants synthétiques du sympathique dissocient également les effets de l'adrénaline sur la pression et sur le rein (cf. D. Bovet et A. Simon, *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 842).

(²) Séance du 26 décembre 1934.

centrosomique et nucléaire. Celle-ci n'entraine du reste de déviation de la mitose qu'à l'intérieur même du syncytium; dès qu'une cellule nucléée s'isole du plancher et émigre dans la cavité germinale, tout rentre dans l'ordre et ses mitoses ultérieures sont normales.

Le discrédit dans lequel est tombée actuellement l'étude des mérocytes tient à l'adoption prématurée de deux conceptions théoriques inexactes. La première méconnait l'existence prolongée de leurs divisions indirectes : « Il est probable, dit Brachet ([1]), qu'ils continuent à se diviser, mais par amitose, le cytoplasme dans lequel ils sont contenus restant indivis ». L'autre exclut de leur intervention la construction embryonnaire et ne confère au syncytium que la fonction d'alimentation et de digestion. En réalité, comme je l'ai précédemment indiqué ([2]), l'embryon des Sélaciens tire de la cytulation du plancher vitellin la majeure partie de ses cellules. Une première et longue *phase constructive* précède donc la *phase nutritive* du sac vitellin; celle-ci, contemporaine de l'avènement de la circulation, ne commence qu'au stade K de Balfour.

Quelques rares mitoses mérocytiques sont bipolaires et normales; elles diffèrent cependant entre elles par la grandeur; le fuseau peut, en effet, mesurer de 15^{μ} à 55^{μ} d'un pôle à l'autre; les radiations astériennes des centrosomes sont très puissantes et viennent flanquer le fuseau, dont les filaments semblent formés de leur remcontre. Souvent, en télophase, des chromosomes, ou même de gros blocs chromatiques, restent en route et ne joignent pas les pôles. Des liens fusoriaux persistants réunissent souvent les noyaux fils nés de plusieurs mitoses successives et figurent des jambages compliqués. Les mitoses pluricentriques sont fréquentes; on compte 3, 4, 5 centres; entre eux, la chromatine, irrégulièrement fragmentée et non complètement résolue en chromosomes, se répartit d'une manière inégale et imparfaite.

Les noyaux au repos ont un aspect très différent, suivant qu'ils se trouvent loin ou près de la surface germinale du parablaste. En profondeur, les éléments chromatiques, dispersés de manière désordonnée et inégale à l'anaphase, se rassemblent à la télophase, à chacun des pôles, en une masse compacte, anguleuse, hérissée, dépourvue, semble-t-il, de membrane. On trouve, au contraire, près de la surface, des groupes de deux à

([1]) A. Brachet, *Traité d'embryologie des Vertébrés*, Paris, 1921, p. 87.

([2]) P. Wintrebert, *Comptes rendus, Association Anatomistes*, Paris, 1921, p. 91.

onze noyaux, plus petits, gonflés, vésiculeux, de structure réticulée, de taille variable, pourvus d'une membrane très nette, soit arrondis et bien individualisés, soit boursouflés, polymorphes, étranglés; ils semblent correspondre chacun à une des parties chromatiques encore isolées des autres noyaux avant la télophase. Entre eux n'existe aucun lien fusorial et ils ne sont entourés d'aucune radiation astérienne. La mitose, ici, se terminerait donc, à chaque pôle, non par un noyau mais par une fusée de petits noyaux-fils.

Par la cytulation du plancher vitellin, toute cellule née du syncytium emporte un et parfois deux de ces noyaux; il ne s'agit nullement d'une division, mais d'un véritable enlèvement. La cellule libérée, de taille variable, se divise rapidement, surtout si elle est volumineuse, par une mitose régulière et, si elle contient deux noyaux, ceux-ci fusionnent, comme dans la copulation des pronuclei, au cours de la prophase.

Les mitoses mérocytiques restent synchrones au cours de l'édification embryonnaire, comme aux premiers temps de la segmentation (J. Rückert) (1); elles révèlent ainsi une modification cyclique du plasma syncytial, qui provoque peut-être et propage sûrement l'implusion divisionnelle.

Les cellules, issues du syncytium, naissent en ordre dispersé, émigrent en tous lieux et participent à la formation de tous les feuillets. Il ne semble pas, en raison de leur isolement, qu'elles puissent posséder une action somatique organisatrice (2); leur destinée somatique ne peut être prévue qu'en fonction du lieu de leur incorporation et des influences qu'elles y reçoivent. La question de leur participation au germen doit être réservée.

---

(1) *Die erste Entwicklung der Eier der Elasmobranchier* (*Festschrift für Carl v. Kupffer*, Jena, 1899, p. 501-704).

(2) P. Wintrebert, *C. R. Soc. Biol. Paris*, **116**, 1934, p. 694.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de quelques protéines en solution aqueuse.* Note de MM. **Maurice Piettre**, **Augustin Boutaric** et Mme **Madeleine Roy**, présentée par M. Ch. Achard.

L'un (¹) de nous ayant séparé diverses protéines de quelques liquides humoraux par la méthode de l'acétone à froid, nous avons étudié ces protéines en déterminant la masse d'un corps adsorbant (charbon animal pour analyse, exempt de cendres, des Établissements Merck), qui, agité avec la solution de la protéine à étudier, l'adsorbe totalement, en sorte qu'après un temps de repos suffisant, la solution possède une tension superficielle statique égale à celle de l'eau pure (²).

Dans ces conditions, la surface totale des particules du corps adsorbant peut être considérée comme proportionnelle à la surface suivant laquelle se fixent sur ces particules les molécules de la substance dissoute et fournit une évaluation relative de cette surface de contact. Si les molécules en chaîne de la substance dissoute se polymérisent par un processus qui augmente leur longueur, comme les molécules se fixent sur le corps adsorbant par l'une des extrémités de leur chaîne, on conçoit que la polymérisation se traduira par une diminution de la masse a du corps adsorbant nécessaire pour fixer, dans les mêmes conditions, la même quantité de substance dissoute.

Les expériences ont ainsi porté sur :

1° la sérum-albumine de bœuf et de génisse;

2° la lactalbumine;

3° la ricine;

4° la myoalbumine extraite par l'action combinée des basses températures et de l'acétone à froid du suc musculaire obtenu par broyage et pression du muscle de veau;

5° l'ovalbumine extraite du blanc d'œuf par l'acétone à froid, après élimination des autres protides au moyen de congélations successives ou de saturation par l'éther à froid;

(¹) Maurice Piettre et A. Vila, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 371; Piettre, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 91 et 383; 181, 1925, p. 737; 198, 1934, p. 1454 et 1551; 199, 1934, p. 311.

(²) A. Boutaric, *Protoplasma*, 18, 1933, p. 294.

6° la myxoprotéine provenant de sérum de bœuf (étudiée dans une solution de NaCl à 8g,5 par litre);

7° une albumine provenant de la cellule mammaire en activité trophique (sécrétion chez les femelles adultes, entre deux périodes de lactation);

8° une albumine extraite de cellules hépatiques par éclatement de ces cellules à l'aide d'un moyen mécanique antérieurement décrit et combiné à l'action des basses températures. L'éclatement est déterminé par le passage sous pression de la pulpe d'organe diluée de son poids d'eau à travers des filières extrêmement fines, les projections étant reçues sur une plaque d'acier inoxydable parfaitement polie et refroidie aux environs de — 30°. Dans ces conditions les cellules hépatiques se disloquent avec libération de leurs protéines que l'on sépare par une série de congélations suivies de centrifugation et de traitement à l'acétone. C'est sur la faible fraction soluble à laquelle on aboutit ainsi, ayant les caractères d'une albumine, qu'ont porté les mesures.

Le tableau suivant donne les masses de charbon *a* permettant d'adsorber 1mg des divers protéides dans 15cm³ de solution à 0g,025 pour 100cm³; les protéines ont été classées dans l'ordre décroissant des valeurs de *a*, c'est-à-dire dans l'ordre croissant des degrés de polymérisation de leurs molécules.

Protéides.	*a*.
Sérum-albumine (bœuf)	81,1
Lactalbumine	78
Sérum-albumine (génisse)	76,5
Albumine mammaire (activité cellulaire trophique).	74,6
Myoalbumine	62,6
Albumine hépatique	57,5
Myxoprotéine de bœuf	40
Ovalbumine	38,6
Ricine	26,2

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude comparative de l'action des ions hydrogène et de la thrombase sur la gélification du fibrinogène.* Note de M. **Georges Crut**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Divers auteurs ont indiqué qu'il était possible de coaguler le fibrinogène non par la thrombase mais par une acidité convenable de la liqueur [1].

[1] *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 637; M. Piettre et Vila, *Zeit. Phys. Chem.*, 19, 1894, p. 289.

Or, d'une part, ces conditions optima d'acidité n'ont pas été exactement déterminées et, d'autre part, les résultats obtenus n'ont pas été comparés à ceux provenant de l'addition préalable de thrombase à la même liqueur.

Pour éclaircir ce point, une solution fraîche de fibrinogène a été préparée suivant la méthode d'Hammarsten et une thrombase active d'après celle d'Howell (1).

La méthode expérimentale employée fut celle de Michaélis, qui consiste à ajouter le fibrinogène avec ou sans thrombase à une série de tubes tampons à pH très variés (2), et à examiner s'il y a coagulation ou non de cette matière protéidique.

On constate, d'après cela, que pour une acidité allant du pH1 au pH2,6 il y a une certaine dissolution du fibrinogène. Au-dessus du pH2,6, on constate l'apparition d'un louche, pour une acidité plus faible il y a un précipité qui est maxima pour un pH voisin de 4,4 à 4,6; si l'acidité diminue encore la précipitation s'atténue et pour un pH6 la solution reste claire. En aucun cas on n'assiste à la gélification de la solution de fibrinogène et en présence de thrombase les résultats restent identiquement les mêmes. De plus, on constate que les solutions tampons exercent, mais en plus faible, la même action précipitante sur la thrombase que sur le fibrinogène.

Remarque. — Par addition très lente du fibrinogène aux solutions tampons dont le pH est 3 ou 4, il se forme une membrane blanche adhérente aux parois du tube et qui, entourant le liquide, donne tout à fait l'aspect d'une prise de masse. Mais la moindre secousse fait rassembler cette membrane sous forme d'un filament qui s'agglomère à la surface de la solution. On peut alors retourner le tube, le liquide ne s'écoule pas, mais si l'on vient à provoquer la rupture de ce bouchon, le liquide s'échappe. La production de ce précipité n'a rien de comparable à la gélification lente et progressive du liquide par la thrombase à des pH supérieurs à 5,9.

---

(1) MITTELBACH, *Am. J. Phys.*, 32, 1913, p. 264.

(2) Échelles tampons de Clark et Lubs.

Zone d'action de la thrombase sur la gélification du fibrinogène.

pH.	Tampons 5cm³ + sol fibrinogène.	Tampons 5cm³ + *Thrombase* 1/4cm³.	Tampons 5cm³ + *Thrombase.* Sol fibrinogène 0cm³,5.	pH.	Temps de gélification.
6,0				6,0	indéfini
6,2				6,2	18 h.
6,4				6,4	3 h. 30
6,6				6,6	2 h. 40
6,8				6,8	2 h. 20
7,0				7,0	
...	Solution restant claire même après 60 heures	Solution claire	Gélification complète	...	gélification complète en 30 min.
8,0				8,0	
8,2				8,2	1 h. 20
8,6				8,6	2 h. 30
9,0				9,0	2 h. 40
9,4				9,4	3 h. 30
10,0				10,0	5 h.

Aucune gélification ne prend naissance dans les tubes à fibrinogène seul, dont le pH varie de 6 à 10; par contre ceux qui ont été préalablement additionnés de thrombase présentent une zone de gélification optima pour un pH allant de 7 à 8, c'est-à-dire dans *une zone voisine de la neutralité.* En dehors de celle-ci la vitesse de gélification par la thrombase va en diminuant, tant du côté acide où elle s'arrête pour pH 6 que du côté alcalin où toutefois elle décroît moins vite puisque pour pH 10, elle est encore notable, ce qui laisse à supposer que son action doit encore se poursuivre au delà. Conformément aux observations de S. Hirose ([1]) une fibrinolyse succède à la gélification du fibrinogène, elle a lieu tout d'abord dans les tubes où la gélification a été la plus rapide du pH 7 à 8,2, puis elle s'étend par la suite jusqu'à pH 6,2 d'un côté et pH 10 de l'autre.

En résumé, les tubes les premiers gélifiés subissent les premiers la fibrinolyse, alors que la gélification est encore en cours pour les autres pH.

La zone d'action de la gélification du fibrinogène par la thrombase peut difficilement s'interpréter avec la théorie schématique de la coagulation chimique du sang exprimée par Wadsworth ([2]) et ses collaborateurs. Ces

([1]) *Am. J. Phys.*, 107, 1934, p. 693.
([2]) *Am. J. Phys.*, 80, 1927, p. 502; 91, 1930, p. 423.

auteurs indiquent qu'une réaction légèrement acide du milieu est nécessaire pour l'action avec la chaux de la céphaline ou de son produit d'hydrolyse (*loc. cit.*) sur les protéides du sang avec leur coagulation. Or, on voit ici que l'action de la thrombase est tout autre puisqu'elle s'effectue au contraire le plus rapidement dans la zone neutre ou alcaline.

La nature de la thrombase paraît plus conforme à l'hypothèse émise par Mills et Mathews ([1]) qui supposent un protéide unie à de la céphaline ou tout au moins activée par celle-ci dans la transformation de la prothrombase en thrombase, d'après Howell et Emm. Holt ([2]).

En résumé, l'effet de la thrombase sur le fibrinogène avec formation de fibrine n'est pas du tout comparable à l'action des acides sur ce protéide puisqu'elle précède dans l'échelle des pH l'action de ces derniers. De plus, le phénomène de gélification par la thrombase est toujours suivi d'un phénomène de fibrinolyse. Enfin, la vitesse maxima de gélification par la thrombase a lieu dans une zone du pH variant de 7 à 8, c'est-à-dire dans une zone voisine des pH extrêmes du sang compatible avec la vie, la thrombase étant avant tout un facteur biologique spécialement adapté à la coagulation du sang chez les êtres vivants supérieurs.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Modifications sanguines chez des cancéreux traités par le venin de serpent.* Note de MM. **J. Vellard** et **M. Miguelote-Vianna**, présentée par M. M. Caullery.

L'emploi du venin de serpent dans le traitement des algies pose des problèmes sur lesquels il est nécessaire d'appeler l'attention. L'action du venin est complexe. On connaît, mal du reste, l'effet des doses massives; on ne connaît pas celui des petites doses répétées, qui ne sont pas sans danger et des accidents sérieux se sont déjà produits.

Orientés par des expériences antérieures sur des animaux, nous avons observé les modifications sanguines chez des cancéreux traités par le venin. Nous ne parlerons pas, pour le moment, des effets du venin sur les tumeurs et l'état général des patients. Nous avons choisi le venin peu toxique de *Lachesis atrox*. Signalons un fait important : la dose mortelle limite de ce

---

([1]) *Arch. Int. de Phys.*, **24**, 1924-1925, p. 73.

([2]) *Am. J. Phys.*, **47**, 1918-1919, p. 328.

venin par voie intramusculaire est de 4^mg^ pour le rat normal et de 1^mg^,5 pour le rat cancéreux. Chaque malade a reçu deux séries de dix injections sous-cutanées, chaque série allant de 0^mg^,1 à 1^mg^,0, à raison de trois injections par semaine. Les divers examens étaient faits chaque semaine, 24 heures après la troisième injection. Dans la première série, chaque dose de venin était additionnée de 1^cm3^ de sérum anti-*Lachesis atrox* (mélange 30 minutes avant l'injection); dans la deuxième série le volume de sérum était réduit à 0^cc^,5. Une malade a reçu de plus huit injections de venin pour (0^mg^,1 à 0^mg^,4). Le sérum avait été préparé spécialement chez le mouton, avec du venin chauffé, de façon à neutraliser l'action toxique générale du venin, tout en respectant son action protéolytique; 1^cm3^ protégeait le pigeon contre 0^mg^,8 par voie vieneuse, mais son action antiprotéolytique était nulle.

Le premier sujet, une femme de 63 ans, en état de cachexie, atteinte depuis 4 ans d'un épithéliome ulcéré de la face ayant rongé les lèvres et le nez, a montré, après les trois premières injections, une baisse des globules rouges de 4400000 à 3136000; la courbe s'est maintenue ensuite au voisinage de 3000000 jusqu'à la fin de la série; nouvelle chute à 1768000 au début de la deuxième série, pour se relever après à 2832000; nouvelle chute à la troisième série (venin pur), obligeant à suspendre le traitement. L'hémoglobine a peu varié. Le pouvoir hémolytique du sérum, augmenté après chaque injection en raison directe de la dose de venin, tombait ensuite de plus en plus bas.

La courbe des leucocytes a suivi dans l'ensemble celle des globules rouges; chute au début de chaque série, puis hausse légère, inférieure au chiffre initial. Comme chez le chien, la courbe des polynucléaires neutrophiles a été presque parallèle à la courbe générale des leucocytes, montrant une lyse intense suivie de l'apparition de formes jeunes; les polynucléaires acidophiles et les monocytes ont presque disparu; les lymphocytes ont peu varié. Les modifications de la coagulation ont été grandes : à chaque série, diminution très accentuée de la coagulabilité des plasmas (fibrinogène), sans grande variation des antithrombines, et forte élévation des propriétés coagulantes du sérum, ayant amené l'arrêt des hémorragies tumorales auparavant fréquentes; ainsi s'expliquent les thromboses signalées chez quelques malades traités par le venin.

Un autre sujet, homme de 45 ans, robuste, atteint depuis un an de lymphosarcome (diagn. histologique), sans leucémie (8400 globules blancs), avec lymphocytose (4452 lymph., 53 pour 100), a réagi différemment. Au début de chaque série, diminution modérée des globules rouges, suivie d'élévation dépassant de 1000000 le chiffre initial après la deuxième injection, sans grande variation de l'hémoglobine; le pouvoir hémolytique du sérum, d'abord exalté, est devenu nul. La réaction leucocytaire a été intense : dès le début, forte augmentation de la lymphocytose (8370 lymph., 67,5 pour 100), revenant à sa valeur primitive à la fin de la première série; nouvelle poussée pendant la deuxième série, obligeant à interrompre le traitement nettement

nuisible au malade. Les polynucléaires neutrophiles ont souffert une lyse intense, à peu près compensée par l'apparition de formes jeunes; les polynucléaires acidophiles et les monocytes ont presque disparu. La diminution du fibrinogène a été moins prolongée que chez le premier sujet; élévation persistante du pouvoir coagulant du sérum.

En résumé : lyse intense des globules rouges et des globules blancs, compensée ou non suivant les cas; diminution du fibrinogène et du complément; élévation constante du pouvoir coagulant du sérum; il faut ajouter quelques troubles hépatiques et rénaux. Ces résultats montrent, d'une part l'action profonde des petites doses répétées de venin chez les cancéreux et, d'autre part, des réactions très variables suivant l'état général des malades et la nature des tumeurs. Notre but n'est pas de condamner l'emploi du venin de serpent (ceci dépend de l'opinion des cliniciens, en présence des bénéfices qu'ils en espèrent), mais de signaler quelques-uns des accidents pouvant survenir et la nécessité de surveiller attentivement les malades en traitement.

La séance est levée à $15^h 50^m$.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 26 décembre 1934.)

Note de M. *N. Aronszajn*, Sur les séries de Dirichlet à exposants linéairement indépendants :

Page 1565, ligne 13, *au lieu de* $\min|v_m|$, *lire* $\min.|v_m - a_0|$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JANVIER 1935.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. A. **Lacroix** s'exprime ainsi en déposant sur le bureau, au nom des Auteurs, 4 volumes in-4° et un Atlas :

La description du Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine est aujourd'hui terminée. Elle est publiée par le Service des Topographies souterraines sous les auspices de M. le Ministre des Travaux publics qui, après la guerre, avait chargé de la direction de cette étude notre Confrère, M. Charles Barrois, et notre regretté Correspondant, Georges Friedel.

Ces volumes sont de MM. Paul Bertrand et Paul Corsin et de M. Gérard Waterlot. Le tome III comprend la *Description géologique* rédigée par M. Pierre Pruvost, professeur à l'Université de Lille.

Je suis heureux de féliciter, au nom de l'Académie, M. Ch. Barrois et ses collaborateurs pour cette belle œuvre qui fait honneur à la Science française.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Démonstration élémentaire de formules sur la répartition des nombres premiers.* Note de M. **Émile Borel.**

1. On sait, d'après les éléments de l'analyse combinatoire, que, si l'on pose

$$C_{2n}^{n} = \frac{(2n)!}{n!\,n!}, \tag{1}$$

le nombre C_{2n}^{n} est un nombre entier et satisfait aux inégalités

$$\frac{1}{2n}2^{2n} < C_{2n}^{n} < 2^{2n}. \tag{2}$$

Désignons par $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k$ les nombres premiers supérieurs à n et inférieurs à $2n$; d'après (1), ces facteurs premiers figurent dans l'entier C_{2n}^{n};

on a donc

(3) $$n^k < \alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_k \leqq C_{2n}^n < 2^{2n},$$

c'est-à-dire

(4) $$k \log n < 2n \log 2.$$

Le nombre k des nombres premiers compris entre n et $2n$ satisfait donc à l'inégalité

(5) $$k < \frac{2n \log 2}{\log n}.$$

Ce résultat, obtenu par un calcul simple et élémentaire, est démontré sans restriction quel que soit l'entier n.

2. Un calcul analogue à celui qui a donné la formule (3) s'appliquerait, en utilisant C_{2n+1}^n, au cas des nombres premiers compris entre m et $m/2$, m impair; on obtiendrait ainsi, en considérant successivement les α compris entre m et $m/2$, les β compris entre $m/2$ et $m/4$, les γ compris entre $m/4$ et $m/8$, etc.,

(6) $$\begin{cases} \alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_k < 2^m, \\ \beta_1\beta_2\ldots\beta_i < 2^{\frac{m}{2}}, \\ \gamma_1\gamma_2\ldots\gamma_j < 2^{\frac{m}{4}}; \end{cases}$$

de sorte qu'en désignant par $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$ tous les nombres premiers inférieurs à m, on a

(7) $$\lambda_1\lambda_2\ldots\lambda_p < 2^{m+\frac{m}{2}+\frac{m}{4}+\ldots} < 2^{2m}.$$

3. Reprenons la formule (1) et cherchons quels facteurs premiers figurent dans C_{2n}^n, en plus de $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_k$. Soient β un nombre premier inférieur ou égal à n, et s le nombre entier, tel que

(8) $$s\beta \leqq n < (s+1)\beta.$$

On a donc

(9) $$2s\beta \leqq 2n < (2s+2)\beta.$$

On distinguera deux cas suivant que $2n$ est inférieur ou supérieur à $(2s+1)\beta$; si l'on a

(10) $$2s\beta \leqq 2n < (2s+1)\beta,$$

le facteur β figure exactement $2s$ fois au numérateur comme au dénomina-

teur de (1), il disparaît donc du quotient ; si l'on a

$$(11)\qquad (2s+1)\beta \leqq 2n < (2s+2)\beta,$$

le facteur β figure $2s+1$ fois au numérateur et $2s$ fois au dénominateur; il subsiste donc une fois dans C_{2n}^n. Les facteurs premiers de C_{2n}^n, en dehors des α, sont donc les β vérifiant les inégalités (11), où s est un entier supérieur ou égal à 1 ; c'est-à-dire que ces β vérifient l'une des doubles inégalités

$$(12)\qquad \frac{2n}{4} < \beta \leqq \frac{2n}{3}; \qquad \frac{2n}{6} < \beta \leqq \frac{2n}{5}; \qquad \frac{2n}{8} < \beta \leqq \frac{2n}{7}; \qquad \ldots.$$

La longueur totale des intervalles à l'intérieur desquels peut être compris β est donc σ, en posant

$$(13)\qquad \sigma = 2n\left(\frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \frac{1}{5} - \frac{1}{6} + \frac{1}{7} - \frac{1}{8} + \ldots\right) = 2n\left(\log 2 - \frac{1}{2}\right).$$

Bien entendu, les inégalités (12) sont en nombre limité, puisque, d'après (8), s ne peut dépasser n ; il est cependant commode de prolonger la série (13) indéfiniment ; l'erreur commise est d'autant plus faible que n est plus grand.

Resterait à tenir compte des nombres premiers β dont le carré est inférieur à $2n$ et qui peuvent ainsi figurer dans C_{2n}^n avec un exposant supérieur à l'unité ; on doit les négliger dans une première approximation, car, si β^2 est inférieur à $2n$, on a

$$(14)\qquad \beta > \sqrt{2n}$$

et, d'après (7), le produit des nombres premiers satisfaisant à (14) est inférieur à $2^{2\sqrt{2n}}$; on négligera *a fortiori* les β tels que β^3, β^4, etc. soient inférieurs à $2n$.

4. En utilisant les résultats précédents et la formule (7), on pourrait trouver une limite inférieure du produit des nombres premiers compris entre n et $2n$; mais cette limite inférieure différerait assez sensiblement de la limite supérieure donnée par la formule (3) ; je préfère exposer, sans m'astreindre à tous les développements qui seraient nécessaires pour rendre les raisonnements rigoureux, les calculs simples par lesquels on retrouve la valeur asymptotique bien connue.

On peut induire de (3) que, si les nombres n, n' et $n - n'$ sont assez grands, le produit des nombres premiers compris entre n' et n est égal à $2^{\lambda(n-n')}$, le nombre λ étant inférieur à 2 et tendant vers une limite lorsque n, n' et $n - n'$ augmentent indéfiniment.

Pour trouver cette limite, traitons λ comme une constante; le produit des nombres premiers compris dans les intervalles dont l'étendue σ est donnée par (13) sera égal à $2^{\sigma\lambda}$; le produit des nombres premiers compris entre n et $2n$ est $2^{\lambda n}$; si donc on néglige les nombres premiers figurant au carré dans C_{2n}^{n}, la double inégalité (2) donne l'égalité approchée

$$2^{\sigma\lambda}.2^{\lambda n} \approx 2^{2n},$$

c'est-à-dire

$$\sigma\lambda + \lambda n \approx 2n,$$

ou, en remplaçant σ par sa valeur (13),

$$\lambda \log 2 \approx 1.$$

d'où l'on conclut

$$2^{\lambda(n-n')} \approx e^{n-n'}.$$

On retrouve ainsi, par une voie élémentaire, ce résultat fondamental: en première approximation, lorsque n, n' et $n-n'$ sont assez grands, la somme des logarithmes népériens des nombres premiers compris entre n et n' est égale à $n-n'$. On obtiendrait des résultats plus précis en tenant compte des facteurs premiers figurant dans C_{2n}^{n} au carré ou à une puissance supérieure, que nous avons négligés et qui introduiraient, dans la somme des logarithmes des nombres premiers inférieurs à n, des termes de l'ordre de grandeur des puissances fractionnaires de n. Il n'est toutefois pas certain que, lorsqu'on voudrait aller jusqu'au bout de la précision possible, la considération des inégalités (2) conduirait à des calculs plus simples que les méthodes classiques.

PLIS CACHETÉS.

M. **L.-M. Granderye** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 17 septembre 1934 et enregistré sous le n° 10912.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Relation entre le numéro atomique et la masse atomique des éléments.*

(Renvoi à la Section de Physique.)

CORRESPONDANCE.

MM. **Jean Aubert**, **Roger Boutteville**, **Pierre Sergescu**, **J. Thibaud** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Paul Guérin** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Botanique par le décès de M. *H. Lecomte*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une formule de M. A. R. Crathorne relative aux moments.* Note de M. **V. Romanovsky**, présentée par M. Émile Borel.

La relation récurrente

$$m_{n+1} = m_1 m_n + pq\frac{dm_n}{dp}$$

entre les moments par rapport à l'origine d'une distribution binomiale, déduite par M. A. R. Crathorne ([1]), d'une formule de M. R. Frisch et d'une relation entre les moments m_n et les semi-invariants λ_n, peut être obtenue par une méthode directe et simple.

En effet, on sait que

$$u^s = (pe^t + q)^s$$

est une génératrice des moments m_n, de sorte que

$$m_n = \left(\frac{d^n u^s}{dt^n}\right)_{t=0}.$$

Donc

$$u^s = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{t^n}{n!} m_n \qquad (m_0 = 1),$$

d'où, en différentiant les deux côtés par rapport à t,

$$su^{s-1}pe^t = su^{s-1}(u-q) = \sum \frac{t^{n-1}}{(n-1)!} m_n. \tag{1}$$

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1202.

Une différentiation par rapport à p nous donne

$$su^{s-1}(e^t - 1) = \sum \frac{t^n}{n!} \frac{dm_n}{d\rho_n}.$$

Mais

$$e^t - 1 = \frac{1}{\rho} \frac{du}{dt} - 1,$$

donc

$$\frac{1}{\rho} su^{s-1} \frac{du}{dt} - su^{s-1} = \sum \frac{t^n}{n!} \frac{dm_n}{d\rho_n}. \tag{2}$$

Ensuite, de (1), on tire

$$su^{s-1} = \frac{1}{q} su^{s-1} - \frac{1}{q} \sum \frac{t^{n-1}}{(n-1)!} m_n,$$

et l'égalité (2) s'écrit comme il suit

$$\frac{1}{p} \frac{du^s}{dt} - \frac{1}{q} su^s + \frac{1}{q} \sum \frac{t^{n-1}}{(n-1)!} m_n = \sum \frac{t^n}{n!} \frac{dm_n}{dp}$$

ou encore

$$\frac{1}{p} \sum \frac{t^{n-1}}{(n-1)!} m_n - \frac{s}{q} \sum \frac{t^n}{n!} m_n + \frac{1}{q} \sum \frac{t^{n-1}}{(n-1)!} m_n = \sum \frac{t^n}{n!} \frac{dm_n}{dp},$$

d'où

$$\frac{1}{p} m_{n+1} - \frac{s}{q} m_n + \frac{1}{q} m_{n+1} = \frac{dm_n}{dp},$$

ce qui est la formule de M. A. R. Crathorne :

$$m_{n+1} = spm_n + pq \frac{dm_n}{dp}.$$

On peut indiquer une formule plus simple encore

$$m_{n+1} = \mathrm{O}(m_n),$$

en définissant l'opération par les règles suivantes:

$$\mathrm{O}(u + v - w) = \mathrm{O}(u) + \mathrm{O}(v) - \mathrm{O}(w);$$
$$\mathrm{O}(uv) = u\mathrm{O}(v) + v\mathrm{O}(u);$$
$$\mathrm{O}(s^{(n)}) = s^{(n+1)}p \qquad [s^{(n)} = s(s-1)\ldots(s-n+1)];$$
$$\mathrm{O}(p^n) = np^n.$$

On a directement

$$m_1 = sp = s^{(1)}p,$$

et ensuite

$$m_2 = \mathrm{O}(sp) = p\mathrm{O}(s) + s\mathrm{O}(p) = s^{(2)}p^2 + sp;$$
$$m_3 = \mathrm{O}(m_2) = \mathrm{O}(s^{(2)}p^2) + \mathrm{O}(sp) = s^{(3)}p^3 + 2s^{(2)}p^2 + s^{(2)}p^2 + sp = s^{(3)}p^3 + 3s^{(2)}p^2 + sp,$$

et ainsi de suite.

La relation (3) peut être établie, par exemple, à l'aide de la formule d'Arbogast; on a

$$A_{r+1} = \left(a_0 \frac{\partial}{\partial a_1} + a_1 \frac{\partial}{\partial a_2} + \ldots\right) A_r,$$

si l'on pose

$$\left(a_0 + \frac{t}{1} a_1 + \frac{t^2}{1.2} a_2 + \ldots\right)^s = A_0 + \frac{t}{1} A_1 + \frac{t^2}{1.2} A_2 + \ldots.$$

MÉCANIQUE. — *Sur la stabilité des plaques encastrées.* Note de M. **Alexandre Weinstein**, présentée par M. Henri Villat.

La question du flambage d'une plaque carrée encastrée sur les quatre bords conduit au problème suivant :

Problème I. — *Déterminer la plus petite valeur* λ *que prend l'expression*

$$(1) \qquad \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\Delta w)^2\, dx\, dy : \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (w_x^2 + w_y^2)\, dx\, dy,$$

pour toutes les fonctions $w(x, y)$ *qui s'annulent ainsi que leurs dérivées normales* dw/dn *sur le contour* C *du carré* $|x| \leqq \pi/2$, $|y| \leqq \pi/2$.

La fonction w pour laquelle le minimum de (1) sera atteint satisfait à l'équation différentielle $\Delta\Delta w + \lambda \Delta w = 0$, avec les conditions aux limites $w = 0$, $dw/dn = 0$ pour $x = \pm \pi/2$, $y = \pm \pi/2$.

M. G. I. Taylor a démontré (1) l'inégalité $\lambda < 5,33$. Il a ensuite conclu par des procédés numériques que la valeur de λ doit être voisine de 5,30. Nous nous proposons de déduire par des raisonnements, basés sur les méthodes générales du calcul des variations, une limite inférieure pour λ. A cet effet nous allons modifier le procédé de M. Taylor. Considérons, au lieu de I, le problème suivant :

Problème II. — *Déterminer la plus petite valeur* μ_n *que prend l'expression*

$$(2) \qquad \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (\Delta v)^2\, dx\, dy : \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} (v_x^2 + v_y^2)\, dx\, dy$$

pour toutes les fonctions v *s'annulant sur le contour* C *et satisfaisant en*

(1) *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, **13**, 1933, p. 147.

outre aux n conditions suivantes :

$$(3)\qquad G_k=\int_C \frac{dv}{dn}g_k\,ds=0 \qquad (k=1,3,\ldots,2n+1),$$

les intégrales G_k étant prises le long du contour C. Nous avons désigné par g_k la fonction qui est égale à $\cos kx$ *pour* $|x|\leqq\pi/2$, $y=\pm\pi/2$ *et à* $\cos ky$ *pour* $|y|\leqq\pi/2$, $x=\pm\pi/2$.

Il est évident que μ_n est une fonction non décroissante de n et que μ_n n'est jamais supérieure à λ.

On peut aisément démontrer que la fonction $v(x,y)$ qui donne le minimum de (2) satisfait à l'équation

$$(4)\qquad \Delta v+\mu_n v=\sum_{j=1}^{2n+1}A_j(\cosh jy\cos jx+\cosh jx\cos jy) \qquad (j \text{ impair},\ v=0 \text{ sur C}).$$

Les constantes A_j (multiplicateurs de Lagrange) sont inconnues *a priori*. La solution de l'équation (4) sera donnée par les formules

$$(5)\qquad v=\sum_{j=1}^{2n+1}A_j v_j,$$

$$(6)\qquad v_1=\frac{1}{\mu_n}[\cosh y\cos x+\cosh x\cos y] - \frac{\cosh\frac{\pi}{2}}{\mu_n\cos\left(\frac{\pi}{2}\sqrt{\mu_n-1}\right)}\left[\cos(\sqrt{\mu_n-1}\,y)\cos x+\cos(\sqrt{\mu_n-1}\,x)\cos y\right].$$

$$(7)\qquad v_j=\frac{1}{\mu_n}[\cosh jy\cos jx+\cosh jx\cos jy] - \frac{\cosh\frac{j\pi}{2}}{\mu_n\cosh\left(\frac{\pi}{2}\sqrt{j^2-\mu_n}\right)}\left[\cosh(\sqrt{j^2-\mu_n}\,y)\cos jx+\cosh(\sqrt{j^2-\mu_n}\,x)\cos jy\right]$$

$$(j=3,5,\ldots,2n+1).$$

Les constantes A_j, qui ne s'annulent pas simultanément, doivent satisfaire aux n équations linéaires

$$(8)\qquad \sum_{j=1}^{2n+1}A_j\int_C\frac{dv_j}{dn}g_k\,ds=0 \qquad (k=1,3,\ldots,2n+1).$$

Par conséquent, le déterminant du système (8) doit être nul :

$$(9)\qquad \left\|\int_C\frac{dv_j}{dn}g_k\,ds\right\|=0 \qquad (j,k=1,3,\ldots,2n+1).$$

La plus petite racine positive de l'équation transcendante (9) sera la valeur cherchée de μ_n et, par conséquent, une limite inférieure de λ. En posant $n=1$, on obtient $\mu_1 > 5,1$. Je me propose de revenir ultérieurement sur les démonstrations ainsi que sur le calcul de μ_2, μ_3, ...

HYDRAULIQUE. — *Sur une équation aux dérivées partielles de la théorie des intumescences.* Note de M. **Pierre Massé**, présentée par M. Henri Villat.

Les équations aux dérivées partielles du régime graduellement varié dans un canal de pente constante et de très grande largeur peuvent, lorsqu'on se borne à étudier les faibles écarts de débit et de profondeur, q et h, autour d'un régime uniforme donné, se ramener à un système linéaire du premier ordre, puis à une équation linéaire du second ordre à coefficients constants, qui s'écrit :

$$(gH-\alpha U^2)\frac{\partial^2 q}{\partial s^2}-(\alpha+\beta)U\frac{\partial^2 q}{\partial s\,\partial t}-\beta\frac{\partial^2 q}{\partial t^2}-\frac{2gI}{U}\frac{\partial q}{\partial t}-3gI\frac{\partial q}{\partial s}=0,$$

ou, par un choix approprié des unités de temps et d'espace :

$$\frac{\partial^2 q}{\partial s^2}-2a(1+\varepsilon)\frac{\partial^2 q}{\partial s\,\partial t}-\frac{\partial^2 q}{\partial t^2}-2\frac{\partial q}{\partial t}-3a\frac{\partial q}{\partial s}=0,$$

α, β et ε étant des coefficients numériques, les premiers voisins de 1 et le dernier très petit.

Cette équation, dont les caractéristiques correspondent à des propagations vers l'aval et vers l'amont, de célérités respectives V et V′, a évidemment des solutions élémentaires de la forme $e^{i\omega t-i\lambda s}$, λ étant une fonction de ω définie par une relation du second degré.

On peut, à partir de ces éléments, construire la solution générale du problème *mixte* (étudié parallèlement par M. Deymié, selon la méthode de Riemann-Hadamard), dans lequel on se donne l'intumescence produite en tête d'un bief indéfini ($s=0$) supposé en régime uniforme à l'origine des temps ($t=0$). Soit, en effet, l'intégrale

$$q=\mathrm{Re}\left\{\int F(\omega)\,e^{i\omega t-i\lambda s}\,d\omega\right\},$$

où F est une fonction rationnelle, ayant ses pôles sur l'axe réel, de telle sorte que l'intumescence de débit en tête du bief est représentée par une suite finie de Fourier. L'intégrale est prise dans le plan complexe de $-\infty$

à $+\infty$ sur l'axe réel, en passant toutefois au-dessous des pôles de F. Enfin, la fonction λ est rendue uniforme par une coupure convenable.

On démontre que la fonction $S = i\omega t - i\lambda s = X + iY$ a deux cols sur l'axe imaginaire, et que l'équation $Y = 0$ définit une ellipse qui passe par les cols, et est une ligne de plus grande pente de la surface de cote X. Si l'on emploie un chemin d'intégration approprié, comprenant en particulier cette ellipse, et si l'on observe qu'à cause de l'exponentielle ce sont les points hauts du parcours qui apportent la contribution la plus importante à l'intégrale, on obtient aisément les propriétés principales de la propagation vers l'aval :

1° L'intégrale q a un sens. Elle est nulle pour $t < s/V$ et différente de o pour $t > s/V$, les valeurs de q au front d'onde s'amortissant suivant une loi exponentielle.

2° Si la propagation d'une intumescence est suivie par un observateur se déplaçant à une vitesse $k \neq 3/2\,a$, la valeur asymptotique de q pour s très grand est de l'ordre de $e^{-\mu s} s^{-1/2}$; si $k = 3/2\,a$, la valeur asymptotique de q est de l'ordre de $s^{-1/2}$. Enfin, le résidu d'intumescence dans une section est, pour t très grand, de l'ordre de $e^{-\nu t} t^{-3/2}$.

On voit ainsi comment le phénomène, débutant par une *onde* de célérité V, se transforme peu à peu, sous l'effet des frottements, en une *crue* de vitesse asymptotique $3/2\,a$.

3° La surélévation h est fournie par une intégrale analogue à q, la fonction à intégrer étant simplement multipliée par λ/ω. La propagation des hauteurs suit ainsi des lois analogues à celles de la propagation des débits, le rapport q/h étant égal à V au front d'onde et tendant vers $3/2\,a$ dans le corps de l'intumescence.

Les mêmes méthodes s'appliquent à l'étude d'une intumescence illimitée, par exemple au régime transitoire raccordant deux régimes uniformes voisins. Elles fournissent les lois de propagation vers l'amont, qui sont caractérisées par un amortissement exponentiel sans aucune exception. Enfin, elles permettent dans tous les cas de pousser le calcul jusqu'aux applications numériques, des développements asymptotiques pour les grandes valeurs des variables pouvant par ailleurs être obtenus en adaptant au problème actuel des procédés généraux déjà connus [1].

---

[1] L. BRILLOUIN, *Annales de l'École Normale supérieure*, 33, 1916, p. 17; O. PERRON, *Sitzungsberichte der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften*, Munich, 1917, p. 201.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur l'équation d'onde dans un mouvement relatif.* Note ([1]) de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

La fonction ψ attachée au mouvement d'une particule de masse m, dans un champ de potentiel $V(x, y, z, t)$, satisfait à l'équation de propagation

$$(1) \qquad \Delta\psi - \frac{8\pi^2 m}{h^2} V\psi = \frac{4\pi i m}{h} \frac{\partial\psi}{\partial t}.$$

Cette équation non relativiste résulte de l'application à la fonction ψ de l'opérateur hamiltonien déduit de la fonction

$$(2) \qquad H = \frac{1}{2m}(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) + V = E,$$

au moyen de la correspondance

$$(3) \qquad p_x \sim P_x = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x}, \qquad E \sim \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial t}.$$

On peut chercher comment va se transformer l'équation (1) lorsque les coordonnées du point mobile ne sont plus rapportées à un système d'axes absolus, mais à des axes eux-mêmes animés d'un mouvement quelconque.

X, Y, Z étant les coordonnées absolues d'un point M de coordonnées relatives x, y, z le passage de l'un des systèmes à l'autre s'effectue au moyen de formules de la forme

$$(4) \qquad \left\{\begin{aligned} x &= x_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 Y + \alpha_3 Z, \\ y &= y_0 + \beta_1 X + \beta_2 Y + \beta_3 Z, \\ z &= z_0 + \gamma_1 X + \gamma_2 Y + \gamma_3 Z. \end{aligned}\right.$$

Les α, β, γ étant des fonctions de t, telles que l'on ait les relations

$$\mathop{S}_{\alpha} \alpha_i^2 = 1, \qquad \mathop{S}_{\alpha} \alpha_1\alpha_2 = 0, \qquad \mathop{S}_{\alpha} \alpha_2\alpha_3 = 0, \qquad \mathop{S}_{\alpha} \alpha_3\alpha_1 = 0.$$

L'équation d'onde dans le système mobile peut s'obtenir, soit en formant la fonction d'Hamilton relative au système mobile et en la transformant au moyen de la correspondance (3), soit par changement de variables dans l'équation (1).

([1]) Séance du 26 décembre 1934.

Exprimant que la fonction $\psi(X, Y, Z, t)$ est identique à la fonction $\Phi(x, y, z, t)$, X, Y, Z étant exprimés par les formules (4), on voit facilement que $\Delta\psi = \Delta\Phi$ et que $\partial\psi/\partial t$ se transforme en

$$\mathop{\mathrm{S}}_{x} \frac{\partial\Phi}{\partial x}(x'_0 + qz - ry) + \frac{\partial\Phi}{\partial t},$$

x'_0, y'_0, z'_0 étant les composantes de la vitesse de l'origine rapportée au système mobile, p, q, r les composantes de la rotation instantanée dans ce système.

L'équation (1) prend alors la forme

$$(5)\qquad \Delta\Phi - \frac{8\pi^2 m}{h^2} V\Phi = \frac{4\pi i m}{h} \mathop{\mathrm{S}}_{x} \frac{\partial\Phi}{\partial x}(x'_0 + qz - ry) + \frac{4\pi i m}{h}\frac{\partial\Phi}{\partial t},$$

nous allons essayer d'interpréter cette équation.

1. *Mouvement de translation.* — L'équation (5) prend alors la forme

$$(6)\qquad \Delta\Phi - \frac{8\pi^2 m}{h^2} V\Phi = \frac{4\pi i m}{h} \mathop{\mathrm{S}}_{x} x'_0 \frac{\partial\Phi}{\partial x} + \frac{4\pi i m}{h}\frac{\partial\Phi}{\partial t}.$$

On peut essayer de rattacher directement le terme supplémentaire au mouvement relatif. Pour cela, considérons la fonction hamiltonienne rapportée au système d'axes relatifs

$$(7)\qquad H = \frac{1}{2m} \mathop{\mathrm{S}}_{x} p_x^2 + V(x, y, z, t) = E$$

et transformons-la en un opérateur par la correspondance

$$(8)\qquad p_x \sim P_x = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x} + m x'_0, \qquad E \sim \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial t}.$$

Par application à la fonction Φ l'on obtient alors

$$(9)\qquad \Delta\Phi - \frac{4\pi i m}{h} \mathop{\mathrm{S}}_{x} x'_0 \frac{\partial\Phi}{\partial x} - \mathrm{S} \frac{8\pi^2 m^2}{2h^2} x'^2_0 \Phi - \frac{8\pi^2 m}{h^2} V\Phi = \frac{4\pi i m}{h}\frac{\partial\Phi}{\partial t}.$$

En comparant cette équation avec l'équation (6), on voit qu'elle lui est équivalente en substituant au potentiel V le potentiel V′ tel que

$$V' = V - \frac{m}{2}(x'^2_0 + y'^2_0 + z'^2_0);$$

d'où la règle :

L'équation d'onde dans le système relatif s'obtient par application à la

fonction Φ de l'opérateur déduit de (7) *par la correspondance* (8) *et en substituant au potentiel* $V(x, y, z, t)$ *le potentiel* V'.

Cas général. — L'équation d'onde dans le système relatif est alors

$$\Delta\Phi - \frac{8\pi^2 m}{h^2} V\Phi = \frac{4\pi i m}{h} \mathop{S}_{x} (x'_0 + qz - ry) \frac{\partial\Phi}{\partial x} + \frac{4\pi i m}{h} \frac{\partial\Phi}{\partial t}. \tag{10}$$

A partir de la fonction hamiltonienne (7), par la correspondance

$$p_{x_i} \sim P_{x_i} = -\frac{h}{2\pi i} \frac{\partial}{\partial x_i} + m(x'_0 + qz - ry); \qquad E \sim \frac{h}{2\pi i} \frac{\partial}{\partial t}, \tag{11}$$

on peut alors former l'équation d'onde

$$\Delta\Phi - \frac{2\pi i m}{h} \mathop{S}_{x} \frac{\partial A_x}{\partial x} \Phi - \frac{4\pi i m}{h} A_x \frac{\partial\Phi}{\partial x} - \frac{8\pi^2 m^2}{3h^2} A_x^2 - \frac{8\pi^2 m}{h^2} V\Phi = \frac{4\pi i m}{h} \frac{\partial\Phi}{\partial t};$$

qui est identique à l'équation (10) si l'on remplace le potentiel V par le potentiel

$$V' = V - \frac{m}{2}(A_x^2 + A_y^2 + A_z^2), \qquad \text{car} \quad \mathop{S}_{x} \frac{\partial A_x}{\partial x} = 0;$$

d'où :

L'équation d'onde du mouvement dans le système relatif s'obtient par application à la fonction Φ de l'opérateur obtenu à partir de (7) *par la correspondance* (11) *et en retranchant du potentiel la force vive d'entraînement.*

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'étude du cas de résonance dans les problèmes de la mécanique non linéaire.* Note (1) de MM. **Nicolas Kryloff** et **Nicolas Bogoliuboff**, présentée par M. Hadamard.

Nous avons énoncé (2) quelques-uns de nos résultats relatifs aux solutions quasi périodiques de l'équation différentielle non linéaire

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = \sum_{n=1}^{\infty} \varepsilon^n f_n\left(t, x, \frac{dx}{dt}\right) \tag{1}$$

[où $f_n(t, x, dx/dt)$ sont des polynomes entiers en $\sin t$, $\cos t$, x, dx/dt] pour les valeurs suffisamment petites du paramètre ε dans le cas de *non-résonance*,

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1592.

c'est-à-dire quand ω ne se trouve pas au voisinage de nombres r/s, où r et s sont des entiers tels que

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f_1(\theta, a\sin\varphi, a\omega\cos\varphi)e^{\pm i\varphi}e^{-i(r\theta+s\varphi)}\,d\varphi\,d\theta \not\equiv 0.$$

Dans la Note présente nous considérons le cas contraire (celui de *résonance*), celui où ω se trouve au voisinage de l'ordre de ε avec un de ses nombres rationnels susdits, c'est-à-dire quand $\omega = r/s + \varepsilon\sigma$. En ce cas-là nous présentons la première approximation pour la solution de l'équation (1) par exemple sous la forme suivante : $x = a\sin(r/st + \varphi)$, où a, φ vérifient les équations, dites de la première approximation, que voici :

$$\frac{da}{dt} = \varepsilon\,\mathrm{F}(a, \varphi); \qquad \frac{d\varphi}{dt} = \varepsilon\,\Phi(a, \varphi) \tag{2}$$

et où l'on a

$$\mathrm{F}(a, \varphi) = \frac{s}{2\pi r}\int_0^{2\pi} f\left(st - s\frac{\varphi}{r}, a\sin rt, a\frac{r}{s}\cos rt\right)\cos rt\,dt,$$

$$\Phi(a, \varphi) = \sigma - \frac{s}{2\pi r}\int_0^{2\pi} f\left(st - s\frac{\varphi}{r}, a\sin rt, a\frac{r}{s}\cos rt\right)\sin rt\,dt.$$

En étudiant de près la correspondance entre les propriétés des solutions exactes de l'équation (1) et celles de leurs premières approximations nous sommes arrivés aux résultats suivants :

1° *Si les équations de la première approximation admettent le point d'équilibre (solution constante)*

$$\mathrm{F}(a_0, \varphi_0) = \Phi(a_0, \varphi_0) = 0$$

vérifiant les conditions de stabilité, à savoir $\mathrm{R}(\lambda_k) < 0$ $(k = 1, 2)$ (*où* λ_1, λ_2 *sont les racines de l'équation caractéristique correspondant à ce point d'équilibre*), *alors l'équation* (1) *admet la solution périodique stable* (*positivement*) *avec la période* $\mathrm{T} = 2\pi s$ *pourvu que* ε *soit suffisamment petit.*

2° *Si les équations de la première approximation possèdent la solution périodique* (*avec une certaine fréquence* $\varepsilon\Omega$) *vérifiant la condition de stabilité* $\lambda < 0$ (λ *étant l'exposant caractéristique correspondant à cette solution*), *alors l'équation* (1), *pour les valeurs suffisamment petites de* ε, *admet une famille stable* (*positivement*) *de solutions quasi périodiques avec deux fréquences fondamentales.*

Dans le cas où la phase φ tourne, c'est-à-dire quand

$$\varphi\left(t + \frac{2\pi}{\varepsilon\Omega}\right) - \varphi(t) = 2\pi,$$

ces deux fréquences seront 1 et ν; quand la phase φ oscille,

$$\varphi\left(t+\frac{2\pi}{\varepsilon\Omega}\right)-\varphi(t)=0,$$

ces fréquences seront $1/s$ et ν.

La différence $\nu - r/s - \varepsilon\Omega$ est de l'ordre de petitesse de ε^2 et ν est une fonction continue des paramètres.

En examinant de près la structure mathématique de la famille considérée de solutions quasi périodiques, nous avons établi, entre autres, qu'elle est en général non analytique, tout comme dans le cas de la non-résonance et que les développements formels jouissant de certaines propriétés de l'asymptotisme peuvent être formés.

Pour conclure, remarquons que *l'ordre de petitesse de la différence*

$$x - a^{*}\sin\left(\frac{r}{s}\,t+\varphi^{*}\right)$$

est celle de ε sur tout axe réel. Ici x est une solution stationnaire (périodique ou quasi périodique) de l'équation (1); a^{*}, φ^{*} sont ou la solution constante (cas 1°), ou se déduisent des solutions périodiques des équations de première approximation en remplaçant, dans ces solutions, leur fréquence $\varepsilon\Omega$ par la fréquence $\nu - r/s$ (cas 2°).

Bien des résultats, ci-dessus mentionnés, peuvent être étendus à d'autres classes d'équations différentielles non linéaires plus générales que celle qui a été considérée dans cette Note.

ÉLECTRICITÉ. — *Emploi d'un accumulateur-tampon pour stabiliser l'alimentation d'un filament incandescent.* Note de M. **Léon Capdecomme**, présentée par M. A. Cotton.

Le problème consistant à stabiliser la température d'un filament incandescent se pose aussi bien en photométrie, lorsqu'on veut réaliser une émission lumineuse constante, que dans la technique d'amplification des courants électriques lorsqu'il faut obtenir une émission thermoionique invariable. Nous avons eu à fixer l'émission lumineuse d'une lampe à ruban de tungstène 6 volts/15 amp. à 10^{-3} près et l'émission thermoionique d'un filament

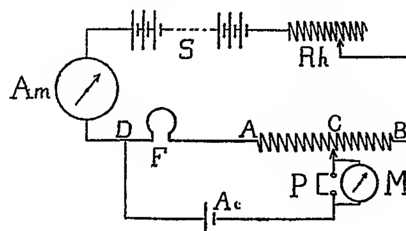
de lampe triode à 2.10^{-3} près pendant des intervalles d'une demi-heure. Cela exige que, pendant le même temps, les variations relatives de l'intensité d'alimentation soient d'un ordre bien inférieur.

Bien que les sources de courant utilisées fussent des accumulateurs de capacité notable par rapport au débit demandé, nous avons encore dû nous opposer : 1° à la chute lente et continue de f. e. m. pendant la décharge; 2° aux petites fluctuations brusques et désordonnées du débit.

Une régulation à main par rhéostats parallèles aurait pu seulement compenser les variations dues à la première cause. Un dispositif automatique de résistances de fer dans hydrogène, qui semblait pouvoir s'adapter à nos intensités importantes et à nos faibles tensions, s'est montré insuffisant à l'expérience, surtout par sa trop grande inertie.

Nous avons adopté finalement un dispositif *d'accumulateur-tampon* qui, à notre connaissance, n'a pas été encore utilisé pour ce genre de stabilisation.

Principe. — S est la batterie d'alimentation, Rh le rhéostat de réglage



et Am un ampèremètre, F le filament à stabiliser, AB un potentiomètre placé tout entier dans le circuit principal.

Un accumulateur Ac est placé en tampon entre l'extrémité D du filament et le curseur C du potentiomètre qui permet d'annuler le débit de Ac pour le régime choisi. On vérifie l'équilibre par la stabilité de l'aiguille d'un microvoltmètre M reliant les bornes du pont P, lorsqu'on ferme ce pont.

Ce même microvoltmètre, normalement en court-circuit, pourra servir à contrôler les variations du régime.

Dans ces conditions, *si l'intensité fournie par* S *augmente, la différence de potentiel entre* D *et* C *tend à augmenter aussi et la plus grande partie de cet accroissement d'intensité passera par* Ac *bien moins résistant que* DFC; *le phénomène inverse se produira si l'intensité tend à diminuer et* Ac *fournira un courant compensateur.*

Calcul du facteur de régulation. — Soient r la résistance de la dérivation

CAc D et e la f. e. m. de Ac; nous avons vérifié que pour de petits débits cette f. e. m. est stable à plus de 10^{-5} par heure. Soient R la résistance de DFC, ρ celle de l'autre portion CBSD du circuit; E la f. e. m. de la source S.

Les lois élémentaires des courants dérivés montrent que les variations relatives de l'intensité dans le filament, si les résistances ne varient pas, sont égales au quotient des variations relatives de f. e. m. de la source par $[1 + R/r.1/(1 + R/\rho)]$ que nous appellerons *facteur de régulation*.

Ce facteur grandit en même temps que R/r. *Il sera d'autant meilleur que les intensités à régulariser seront plus petites*, R étant plus grand pour le même accumulateur-tampon. *On devra, par ailleurs, réduire au minimum les résistances de contact et choisir un accumulateur-tampon de très faible résistance intérieure, donc au plomb plutôt qu'un accumulateur alcalin, et bien chargé.*

Il faut aussi éviter que $(1 + R/\rho)$ soit grand et, sans chercher à trop augmenter ρ par un accroissement onéreux de tension de la source, *on donnera à* R *et* ρ *des valeurs de même ordre.*

Résultats. — *a.* Nous pouvons prévoir, pour la lampe 6 volts/15 amp. alimentée par une batterie de 12 volts et régularisée par une batterie de 6 volts et de résistance intérieurs $0^{\omega},01$, un facteur de régulation de l'ordre de 20.

b. Pour le filament de lampe triode alimenté sous 0,6 volts/0,9 amp. par une batterie de 4 volts et régularisé par un accumulateur de 2 volts et de résistance $0^{\omega},005$, le facteur serait environ 200.

L'expérience montre qu'on peut beaucoup se rapprocher de ces valeurs en réduisant au minimum les résistances de contact (soudures, contacts à mercure).

Conclusion. — D'une efficacité au moins aussi grande que celle des autres dispositifs automatiques, avec, de plus, l'avantage d'une inertie pratiquement nulle et d'une grande facilité de montage, il semble que ce procédé de régulation puisse offrir un gros intérêt pour les intensités importantes et les tensions faibles.

Il est d'ailleurs économique, car il permet l'emploi de batteries usagées et fluctuantes et évite de rechercher la stabilité dans un accroissement onéreux des capacités.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Ultramicromètre à lampe stabilisée.* Note de M. **Néda Marinesco**, présentée par M. Jean Perrin.

Les procédés modernes de mesure en haute fréquence permettant d'atteindre des précisions très grandes grâce à l'emploi des étalons mécaniques de fréquence tels que le piézo-quartz. En laissant de côté la méthode de résonance rapide mais peu précise, et le procédé dit d'opposition (précis mais pas souple) je me propose de montrer l'avantage qu'on peut tirer, moyennant les progrès techniques récents, de la méthode des battements, et indiquer le principe d'un micromètre stabilisé de grande sensibilité.

Whiddington avait imaginé depuis 1920 le dispositif qui consistait à induire dans un circuit commun les oscillations des deux hétérodynes accordées tout près de l'unisson; la note de battement donnée par un téléphone disparaissait au moment de l'accord exact. Mais les hétérodynes simples ne gardent jamais une fréquence rigoureusement constante, inconvénient qui diminue beaucoup l'intérêt de la méthode. On a en effet pour le courant i de haute fréquence

$$L\frac{d^2i}{dt^2}+\left(R+\frac{L+KM}{C\rho}\right)\frac{di}{dt}+\frac{i}{C}\left(\frac{\rho+R}{\rho}\right)=0, \tag{1}$$

L étant la self-induction, R la résistance, C la capacité, ρ la résistance interne, $K=-(\partial V/\partial u)_{i_0}$ le facteur d'amplification et $M=\sqrt{LL'}$ le couplage grille-plaque. De (1) on déduit simultanément à l'accrochage :

$$R+\frac{L+KM}{C\rho}=0, \tag{2}$$

$$L\frac{d^2i}{dt^2}+\frac{i}{C}\left(\frac{\rho+R}{\rho}\right)=0, \tag{3}$$

$$i=I_0\sin\omega t. \tag{4}$$

En portant les valeurs de i de (4) en (3) on trouve immédiatement la période du phénomène, T,

$$T=2\pi\sqrt{LC}\sqrt{\frac{\rho}{\rho+R}}, \tag{5}$$

bien différente de celle donnée par la relation classique

$$T_0=2\pi\sqrt{LC}, \tag{6}$$

qui suppose le circuit sans lampe et dépourvu de résistance. Par ailleurs l'effet de coque des courants de haute fréquence donne

$$(7) \qquad R = R_0 \frac{\pi d}{2} \sqrt{\frac{c\sigma\mu}{\lambda}} \qquad \text{(Lord Kelvin).}$$

De sorte que T, au lieu d'être fonction uniquement de L et C, l'est encore de deux variables indépendantes ρ et R. En effet ρ dépend de la puissance dissipée dans le filament, laquelle n'est jamais rigoureusement constante; à son tour R varie systématiquement comme la racine carrée de la fréquence. Pour cette raison, il n'est pas possible de faire des mesures très exactes, car il faut admettre que (5) se réduit à (6), ce qui est loin d'être même grossièrement approché ([1]).

J'ai perfectionné la méthode de battements en stabilisant les fréquences de manière à rendre applicable la relation (6). Les deux oscillateurs A et B sont stabilisés de la manière suivante : A à fréquence fixe, piloté par quartz taillé optiquement; B à fréquence variable, par dispositif Meissner-Fromy. On peut également stabiliser ce dernier par tout autre montage permettant d'éliminer la composante du courant continu traversant la self L. A et B induisent dans un circuit apériodique deux tensions variables :

$$a_1 = A_1 \sin 2\pi f_1 t \qquad \text{et} \qquad a_2 = A_2 \sin 2\pi f_2 t,$$

dont les battements de fréquence $n = f_2 - f_1$ détectés et amplifiés en basse fréquence actionnent un téléphone. On s'arrange de telle façon que la variation de longueur à mesurer fasse varier l'épaisseur e d'un condensateur plan tel que

$$(8) \qquad C_X = \frac{S}{4\pi e},$$

mis en parallèle sur le condensateur C de l'oscillateur B. On cherche la fonction $e = \varphi(f_1, f_2, S, n)$, où e est connu à 1/100000e près. Pour des raisons de commodité on dispose l'accord en B de manière à avoir

$$n_1 = f_2 - f_1 = 0.$$

Ensuite, en ajoutant (ou en retranchant) à e la longueur $\Delta l = \delta e$, la note de battement passe de 0 à n_2. Soient T_0 la période du circuit $L_B C_B$ avec C_X

([1]) J'ai monté un oscillateur à lampe permettant la mise en évidence de la variation de T avec ρ et avec R; et il est possible de faire varier T dans le rapport de 1 à 10 sans toucher à L, ni à C, simplement par des changements de R et ρ.

hors-circuit, T_2 la période fixe de $L_A C_A$. On obtient la relation

$$(9)\qquad \delta e = S\pi L_B \left[\frac{1}{T_2^2 - T_0^2} - \frac{1}{\frac{1}{(f_2 - n_2)^2} - T_0^2} \right].$$

δe, S et L_B étant comptés en centimètres et T_0, T_2, f_2 et n_2 en cycles/secondes. Dans le dispositif que j'ai réalisé, le condensateur C_x, à anneau de garde, a son armature mobile S constituée par le plateau d'une balance de précision au $0^g,0001$. L'autre extrémité du fléau est connectée au système linéaire dont il s'agit de mesurer Δl.

Il est possible ainsi de mesurer des variations de longueur de l'ordre du millimicron (10^{-7} cm) en choisissant la self L_B et les longueurs d'onde suffisamment petites, une grande surface pour S, et de réaliser une température constante au $1/50^e$ autour de l'appareil. Toutefois, sans thermostat, j'ai pu mettre en évidence d'une manière simple et rapide (quelques secondes) la vitesse de croissance des plantes (de l'ordre de 10^{-5} à 10^{-6} cm/sec), ainsi que des variations de température de l'ordre du $1/10000^o$ C. en mesurant la dilatation d'un fil métallique fin.

J'ajoute qu'il est possible, moyennant quelques légères modifications, de transformer l'ultramicromètre précédent en dispositif d'alerte automatique pour le gaz grisou.

MAGNÉTISME. — *Susceptibilité magnétique des liquides organiques : applications à la loi d'additivité.* Note [1] de MM. **Constantin Salceanu** et **Dumitru Gheorghiu**, présentée par M. A. Cotton.

La susceptibilité magnétique des liquides et de leurs mélanges a été étudiée par différents auteurs, les résultats obtenus n'étant pas toujours concordants.

Trew et Spencer [2], en employant la méthode de la pesée des gouttes dans un champ magnétique non homogène, trouvent de grandes différences entre les valeurs calculées et observées, pour les systèmes binaires des liquides diamagnétiques. Ranganadham [3], utilisant la méthode de l'ascension dans dans les tubes capillaires, reprend les expériences de Trew et Spencer et

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, **131**, 1931, p. 209.

(3) *Indian Journ. of Phys.*, **6**, 1931, p. 421.

trouve qu'elles sont erronées. Van Aubel, Hans Buchner, Farquharson, Ramashandra Rao et Sivaramakrishnan ont repris le problème des dérogations de la susceptibilité magnétique à la loi linéaire. D'après les mesures de Ranganadham et Hans Buchner, il existerait des exceptions à cette loi pour les mélanges d'acétone-chloroforme, tandis que Ramashandra Rao et Sivaramakrishnan n'en trouvent aucune.

Nous avons appliqué la nouvelle méthode de Sibaiya et Venkataramiah [1] avec laquelle les auteurs affirment avoir résolu cette question, par la preuve de l'existence d'une telle exception pour les mélanges binaires des corps organiques.

Le flotteur est la principale partie de l'appareillage; nous l'avons construit de deux pièces de tiges de verre, de section triangulaire, collées par l'arête. Il a 12^{mm} de longueur. La section horizontale a la forme d'une lemniscate. Sur l'axe vertical du flotteur, au centre, on a soudé une tige de verre, 2^{mm} de section et 22^{mm} de longueur, liée au fil de suspension. La position du flotteur pour laquelle la sensibilité est maximum est celle où la diagonale des parties pleines fait 45° avec les lignes de forces du champ.

Quelques remarques personnelles méritent de l'attention pour un bon fonctionnement du dispositif. Ainsi le flotteur ne doit pas avoir un volume trop grand, car ainsi il peut amener une modification de la constante de torsion du fil, alors qu'il est mis dans des liquides dont la densité peut varier de 0,7 à 1,6. Deuxièmement, quoique l'appareil soit pourvu d'une pièce métallique permettant de ramener le spot, par la rotation de la baguette qui porte le fil et le flotteur, toujours à une position fixe, nous conseillons de ne pas toucher cette pièce, même si le zéro est un peu déplacé à partir de la position initiale. Les petites déviations systématiques du point zéro avec la densité du liquide n'empêchent pas un bon étalonnage de l'appareil. En effet, 4 liquides de différentes densités ont donné des déviations parfaitement proportionnelles à leurs susceptibilités en volume (acétone, benzène, eau et tétrachlorure de carbone). Leurs susceptibilités spécifiques pour la température ambiante sont de la sorte bien établies : acétone ($-0,597 \times 10^{-6}$), benzène ($-0,704 \times 10^{-6}$), tétrachlorure de carbone ($-0,431 \times 10^{-6}$) et eau ($-0,72 \times 10^{-6}$).

Dans la présente étude nous ne donnons que les premières mesures effectuées sur quelques mélanges de nitrobenzène-acétone et α-méthylnaphtalène-acétone, conformément à la loi d'additivité de Pascal. Nous avons

---

(1) *Indian Journ. of Phys.*, 7, 1932, p. 393-404.

choisi ces substances parce que Ranganadham affirme que les liquides polaires sont la cause de l'exception à la loi linéaire, exception qui tiendrait aux forces attractives ou répulsives qui s'exercent entre leurs molécules.

Conc. °/₀ acétone.	Valeurs trouvées.	Valeurs corrigées de courbes.	Valeurs calculées.	1 diff.	2 diff.
		Mélange d'acétone et de nitrobenzène.			
100	0,597	0,597	–	–	–
85	0,568	0,571	0,5735	—0,0045	—0,0025
60	0,541	0,545	0,541	0	+0,004
40	0,522	0,519	0,519	+0,003	0
25	0,506	0,504	0,505	+0,001	—0,001
15	0,499	0,495	0,496	+0,003	—0,001
		Mélange d'acétone et de α-méthylnaphtalène.			
100	0,597	0,597	–	–	–
90	0,627	0,616	0,613	+0,014 (?)	+0,003
80	0,631	0,630	0,627	+0,004	+0,003
70	0,647	0,645	0,641	+0,006	+0,004
60	0,656	0,654	0,655	+0,001	—0,001
50	0,670	0,669	0,667	+0,003	+0,002
20	0,704	0,702	0,703	+0,001	—0,001

Comme la méthode utilisée par nous est sensible à 1 pour 100, ces deux tableaux montrent que les mélanges acétone-nitrobenzène et acétone-α méthylnaphtalène ne donnent pas des différences qui dépassent les erreurs expérimentales possibles. La dernière concentration de 20 pour 100 a été étudiée seulement à titre d'essai, car elle donne une solution trouble, la limite de solubilité dans l'acétone de l'α-méthylnaphtalène étant atteinte.

Une déviation de 3 pour 100 a été obtenue par Sibaiya et Venkataramiah, pour des solutions d'acétone-chloroforme, déviation qui est en bon accord avec les observations de Ranganadham, Hans Buchner et Farquharson. Elle paraît être la plus grande exception à la loi linéaire obtenue jusqu'ici dans le cas des mélanges binaires des corps organiques.

Le fait qu'on ne remarque pas d'exceptions à la loi linéaire des mélanges binaires, dans les cas étudiés par nous, dans lesquels tant l'acétone ($\mu = 2,8 \times 10^{-18}$) que le nitrobenzène ($\mu = 3,9 \times 10^{-18}$) et très probablement l'α-méthylnaphtalène, ont des moments dipoliques appréciables, paraît affaiblir l'affirmation de Ranganadham (*loc. cit.*, p. 430) d'après laquelle les infractions à la loi des mélanges doivent être dues aux déformations

moléculaires provoquées par l'influence mutuelle entre les molécules électriques polaires, qui facilitent la formation des composés intermoléculaires.

Par conséquent, la déviation de 3 pour 100 remarquée sur les mélanges acétone-chloroforme par les auteurs du mémoire dont nous nous sommes servis, doit être expliquée autrement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence des électrolytes sur la formation et la stabilité des colloïdes métalliques obtenus par les ultrasons.* Note de M. **Mario Reggiani**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai utilisé un piézo-quartz circulaire de 3^{mm} d'épaisseur suivant l'axe électrique, vibrant sur la fondamentale de cet axe, soit $9{,}7.10^{-5}$ cycles-seconde. L'excitation était faite en entretenu d'amplitude constante, la puissance utile appliquée sur le cristal étant de 500 watts. Pour freiner les oscillations mécaniques et empêcher le quartz d'éclater, on fait fonctionner celui-ci dans un bain d'huile. Comme matériel j'ai utilisé le mercure métallique pur qu'on pulvérisait par les ultrasons dans l'eau ou dans des solutions aqueuses. Le vase à fond mince et plat, contenant le mercure surmonté de la solution, était placé à quelques millimètres du quartz de sorte que le plan de l'onde d'ultrasons était parallèle à la surface de séparation mercure-solution. Dans ces conditions N. Marinesco a montré [1] que, pour un milieu dispersant défini, le diamètre des particules colloïdales dépend de l'amplitude

$$a_x = a_0 e^{-\frac{8\pi^2\eta}{3\rho V\lambda}x} \tag{1}$$

de l'onde

$$y = a_0 e^{-\frac{8\pi^2\eta}{8\rho V\lambda}x} \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) \tag{2}$$

dans le point x correspondant à la limite de séparation a_x est bien défini car la viscosité η, la densité ρ, la vitesse V, la longueur d'onde λ sont préalablement connues. De même a_0 peut être déterminé soit au microscope [1] soit en utilisant la relation

$$a_0 = K\varphi + \left(\frac{1}{C}\frac{\partial C}{\partial f}\right)\frac{C\varphi^2}{2}, \tag{3}$$

---

[1] *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 346.

K étant la constante de Curie, v le potentiel en u.e.s C.G.S., f la force fictive qui déforme le cristal, C la capacité du condensateur ayant comme diélectrique le quartz. On montre que le deuxième terme du second membre de (3) est négligeable devant le produit Kv. Il résulte que si la tension v est fixée d'avance, a_0 par suite a_x sont des constantes. De la sorte pour une alimentation en tension de haute fréquence constante, on obtient des émulsions à particules sphériques, homogènes, de diamètre de l'ordre du micron.

Cependant, en conservant constants tous les paramètres physiques des relations précédentes, j'ai trouvé que la vitesse de formation, la stabilité et le diamètre des particules obtenues varient considérablement par simple et légère *modification chimique de la phase dispersante*. Ainsi, dans une solution aqueuse d'acides chlorhydrique, acétique, tartrique (N/100 à N/10) la pulvérisation colloïdale se fait péniblement, les particules étant grossières et peu homogènes par rapport à celles obtenues dans l'eau pure. Il en est de même dans une solution de potasse ou de soude (N/100 à N/10) ainsi que dans les solutions de sels neutres tels que NaCl à 1 pour 100. Par contre si l'on ajoute dans l'eau, en même temps que l'acide, la base ou le sel, quelques traces (même moins que 0,1 pour 100) d'un colloïde hydrophile (gélatine, ovalbumine), la pulvérisation se fait tout aussi bien que dans l'eau pure, voire même mieux. Nous retrouvons encore cette remarquable propriété protectrice des albuminoïdes vis-à-vis des suspensions métalliques.

Ainsi la préparation du mercure colloïdal par pulvérisation à l'aide des ultrasons est très sensible aux traces d'acides, de bases et de sels neutres. Ce fait constitue une exception au point de vue de l'action des ions H et OH sur les suspensions, car soit en présence exclusive d'ions H, soit en présence d'ions OH, les particules devraient être plus stables par suite d'une charge superficielle d'un même signe. Toutefois cette exception est plutôt apparente que réelle étant donné les conditions particulières de la formation du colloïde. En effet les gouttelettes de mercure pulvérisé se trouvent à l'état liquide et leur forme sphérique est due au jeu des forces superficielles à la limite de passage mercure-solution aqueuse. Or les acides, les bases et les sels neutres diminuent la tension superficielle de l'eau (loi de Gibbs) mais laissent intacte celle du mercure (400 dynes/cm); si deux gouttelettes viennent en contact elles fusionnent plus facilement qu'en présence d'eau pure. Il se trouve justement que l'effet de répulsion par les charges des ions H ou OH est plus faible que l'effet de la tension superficielle, énorme dans le cas du mercure.

Quant à l'action favorable des traces de protéine, celles-ci viennent

enrober les particules métalliques de telle sorte que la couche de passage n'est plus mercure-solution mais protéine-solution. Les gouttelettes de mercure se comportent ainsi comme si elles avaient un point isoélectrique 4, 7 et leur stabilité sera par conséquent d'autant plus grande que la réaction du milieu sera plus éloignée de ce point.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cémentation du cuivre par l'aluminium.* Note ([1]) de MM. **Jean Cournot** et **Georges Meker**, présentée par M. Léon Guillet.

Nous avons développé l'étude commencée par M. Léon Guillet ([2]), opérant à des températures plus élevées et avec des céments différents. Nos essais ont été réalisés en four fixe, les éprouvettes étant placées dans des caissettes au contact de la poudre déjà utilisée ([3]) pour la cémentation des alliages ferreux : combinaison Al^3Fe et chlorure d'ammonium; aucune pénétration de fer n'a été décelée.

1° *Cémentation du cuivre électrolytique*. Des éléments de cathode de 10^{mm} d'épaisseur ont été traités pendant 9 heures, à diverses températures, pour étude de la profondeur de pénétration et de la structure :

A 600°, 0,8/10e de millimètre, solution solide α;

A 700°, 3,4/10e de millimètre, mince bande de α puis bande plus large de $\alpha + \gamma$, avec en surface un peu de γ pur (solution solide de Cu^3Al^2);

A 800°, 9/10e de millimètre, même structure avec développement de la zone extérieure γ;

A 900°, 18/10e de millimètre, même structure avec, en plus, zone extérieure de γ + Cu Al.

On voit que la cémentation peut se développer beaucoup, puisque, dans ce dernier cas, nous avons obtenu une filiation représentant presque la moitié de la largeur du diagramme pondéral cuivre-aluminium.

Nous avons également réalisé quelques cémentations dans un intervalle de 50° au-dessous du point de fusion du cuivre; nous avons obtenu des pénétrations très rapides mais naturellement limitées, comme l'un de nous l'a déjà noté ([4]), à la structure correspondant au solidus à cette tempé-

---

([1]) Séance du 2 janvier 1935.

([2]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1447.

([3]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 696.

([4]) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 1289.

rature. Un échantillon a pu ainsi être transformé par un traitement de 4 heures, sur toute son épaisseur de 10^{mm}, en solution solide α, la dureté à cœur passant de 58 à 100 Brinell.

2° *Cémentation du cuivre oxydulé.* — Nous avons cémenté du cuivre de qualité commerciale courante, en rond de 25^{mm} de diamètre; la cémentation est un peu moins rapide (profondeur de pénétration inférieure de 5 pour 100 environ) et la zone α encore plus mince qu'avec le cuivre électrolytique; la zone extérieure γ + Cu Al est très poreuse et assez irrégulière.

Nous avons fait la remarque suivante : l'oxydule étant coalescé, par un chauffage cémentant de 2 heures à 900°, en petits grains de 1/100e à 1/200e de millimètre de diamètre, l'aluminium en pénétrant dans le métal réduit cet oxydule et le microscope ne révèle plus que de petites cavités; cette réduction, évidemment produite par les premières traces d'aluminium, est très en avance sur la pénétration décelée par le microscope au seul point de vue structural : sur un rond de 25^{mm} de diamètre, alors que l'attaque micrographique colorée révèle seulement une pénétration de 10/10e de millimètre, la zone atteinte par la réduction pénètre à 3 à 4^{mm} de profondeur supplémentaire; ce phénomène fut décelé par le sectionnement des barreaux au tour, plus aisé dans la région désoxydulée; il a été contrôlé par essais de dureté au moyen de très petites billes : le nombre Brinell, étant 68 dans la région encore oxydulée, descend à 58 dans la zone de réduction, cette dernière valeur étant d'ailleurs celle du cuivre électrolytique recuit.

3° *Effets gazeux de cémentation.* — Nous avons, dans un traitement de 7 heures et demi à 850°, protégé l'une des faces d'un échantillon de cuivre électrolytique par une feuille de papier filtre simplement appliquée sur elle, le cément enveloppant le tout; la pénétration est nettement moins forte sur cette face (8,8/10e au lieu de 11,5/10e de millimètre); elle est aussi nettement plus régulière; la surface reste lisse.

Nous avons d'autre part placé dans une caissette une éprouvette de 50^{mm} de hauteur, son pied étant seulement enfoncé de 15^{mm} dans le cément; l'épaisseur de cémentation, de 10,6/10e de millimètre dans la région profondément enfoncée, se réduit très vite : elle n'est plus que de 1/10e de millimètre à 15^{mm} au-dessus de la ligne d'affleurement et reste à cette valeur sur toute la tête de l'éprouvette.

La cémentation du cuivre par l'aluminium présente des applications industrielles importantes pour la fabrication des blocs destinés au chauffage avant trempe de tôles minces découpées; la fonte manque de conductibilité; le cuivre nu s'altère vite en surface; cémenté par l'aluminium, il répond au problème posé.

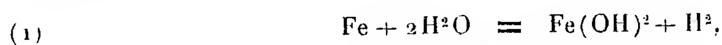
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la constitution de la rouille.* Note [1] de MM. **André Girard** et **Georges Chaudron**, transmise par M. H. Le Chatelier.

La rouille de formation récente, d'origine électrochimique, est constituée principalement par un gel de sesquioxyde de fer anhydre. Le vieillissement en présence de fer modifie la rouille, elle contient alors, de l'oxyde magnétique Fe^3O^4 et de l'hydrate $Fe^2O^3H^2O$ sous sa forme lépidocrocite, ainsi que nous l'avons montré par l'analyse thermomagnétique [2]. Nous décrirons, dans cette Note, les expériences qui permettent de comprendre le processus de formation de ces corps.

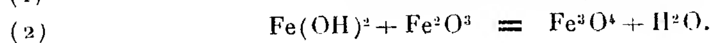
On ne peut pas supposer que l'oxyde magnétique soit dû à la réduction directe du sesquioxyde par le fer; ou par de l'hydrogène cathodique; en effet, des métaux tels que le nickel, le zinc, l'aluminium et même le magnésium sont sans action sur la rouille. D'autre part, l'expérience dont nous indiquons le dispositif (*fig.* 1) montre que la réduction peut s'effectuer sans qu'il y ait contact entre le fer et l'oxyde ferrique.

On utilise un appareil constitué par deux tubes scellés placés verticalement et communiquant entre eux; le premier sert de chambre de réaction, le second est utilisé comme réservoir d'eau bidistillée soigneusement dégazée sous vide. Par un dispositif indiqué sur la figure 1, on immerge la plaquette de fer, dont la surface est connue, après avoir fait le vide dans l'appareil et on la dispose à 1^cm d'une quantité pesée de rouille.

Au bout d'un certain temps (quelques jours) on observe l'apparition d'une couche d'oxyde Fe^3O^4 noir et magnétique. On démontre ainsi les réactions suivantes :



$$Fe + 2H^2O = Fe(OH)^2 + H^2, \quad (1)$$



$$Fe(OH)^2 + Fe^2O^3 = Fe^3O^4 + H^2O. \quad (2)$$

Nous avons voulu ensuite nous rendre compte de l'importance de la réaction de décomposition de l'eau par le fer à la température ordinaire.

Le fer et l'eau, rigoureusement privés d'oxygène, réagissent dans une ampoule de verre en relation avec une chambre barométrique; les dénivel-

---

(1) Séance du 26 décembre 1934.

(2) J. Huggett et G. Chaudron, *Comptes rendus du VIIIe Congrès de Chimie industrielle*, 30 juillet 1928, page 331 du numéro spécial.

lations du mercure servent à mesurer le dégagement d'hydrogène. Ces essais ont une durée voisine d'une année. On constate qu'en 334 jours, le volume gazeux mesuré correspond à une diminution de l'épaisseur de la feuille de fer de l'ordre du μ.

Nous avons répété ces expériences dans diverses solutions salines et aussi en présence d'une certaine quantité de rouille; on observe dans ce dernier cas un dégagement d'hydrogène relativement important (voir diagramme *fig.* 2) et la réaction se poursuit tant qu'il y a du sesquioxyde de fer libre

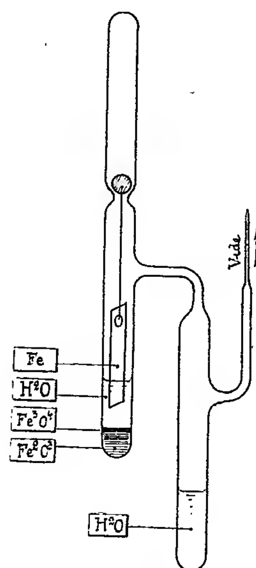


Fig. 1.

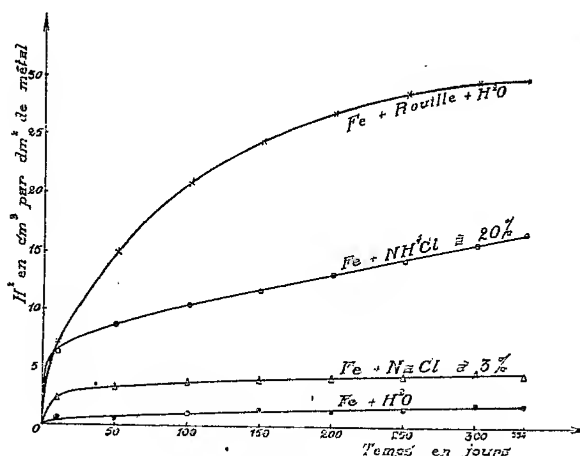


Fig. 2.

Fig. 1. — Dispositif permettant de mettre en évidence la réduction indirecte de la rouille par le fer.

Fig. 2. — La corrosion du fer dans l'eau et les solutions salines à l'abri de l'oxygène (mesure des volumes d'hydrogène dégagé en fonction du temps).

dans l'ampoule. On peut en effet considérer que la réaction d'attaque du fer par l'eau est limitée par la concentration en ions ferreux et que cet équilibre est détruit quand l'hydroxyde ferreux se combine au sesquioxyde de fer.

L'oxyde magnétique ainsi formé ne s'oxyde plus à l'air, il constitue donc un corps inerte au sein de la rouille.

Il n'en est pas de même de l'oxyde vert qui se forme lorsque l'hydroxyde ferreux réagit en excès sur le sesquioxyde de fer. Ce corps est considéré par plusieurs auteurs (¹) comme étant un ferrite basique; l'analyse ther-

(¹) Deiss et Schikorr, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 172, 1928, p. 32.

momagnétique nous a montré qu'il se déshydrate brusquement à 120° en donnant de l'oxyde magnétique Fe^3O^4. Nous n'avons pas pu déterminer le nombre de molécules d'eau de combinaison de cet hydrate instable à la température ordinaire et nous proposons provisoirement la formule $Fe^3O^4.xH^2O$.

Par oxydation ménagée cette magnétite hydratée donne justement le monohydrate de sesquioxyde de fer sous sa forme lépidocrocite.

Ces réactions expliquent la catalyse par la rouille de l'oxydation directe du fer en milieu humide ainsi que les dépôts stratifiés, à la surface du fer corrodé, d'oxyde magnétique et de lépidocrocite.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction des arséniates alcalino-terreux par le charbon. Arséniate tribarytique.* Note [1] de M. **Henri Guérin**, présentée par M. G. Urbain.

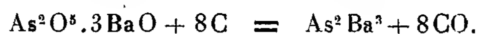
Les arséniures alcalino-terreux ont été préparés par Lebeau [2], soit par synthèse directe, soit par réduction au four à arc des arséniates par le charbon.

Notre travail a pour objet d'apporter des données complémentaires concernant l'action qu'exerce la chaleur sur les arséniates alcalino-terreux seuls ou mélangés à du charbon.

Dans la présente Note, nous ferons connaître les résultats obtenus, au cours d'essais systématiques, comportant le chauffage dans le vide, pendant des temps variables et pour des températures allant de 500° à 1200°, d'un mélange d'arséniate tribarytique et de charbon.

L'appareil utilisé comprend essentiellement un tube de quartz de 30^{cm} de longueur et de 2^{cm} de diamètre, fermé à une extrémité, muni d'un rodage et relié à un condenseur, refroidi à —80°, en communication avec une trompe à mercure. Un tube manométrique, juxtaposé à un tube barométrique, est en dérivation sur l'appareil.

Nous sommes parti d'un mélange d'arséniate et de charbon dont la composition correspondait à celle déduite de l'équation



$$As^2O^5.3BaO + 8C = As^2Ba^3 + 8CO.$$

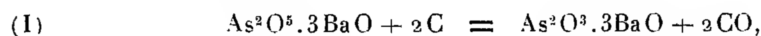
[1] Séance du 2 janvier 1935.

[2] *Comptes rendus*, 128 et 129, 1899, p. 95 et 47.

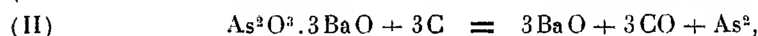
soit $14^{g},2$ de charbon de sucre calciné à 1000° et titrant 97,7 pour 100 de carbone, pour 100^{g} d'arséniate tribarytique. La prise d'essai ($0^{g},5$ à 1^{g}) était placée dans le tube de quartz, de manière à être située dans la zone de chauffe homogène d'un four électrique tubulaire à résistance de platine, dont on suivait la température au moyen d'un couple thermoélectrique.

La réduction de l'arséniate tribarytique par le charbon ne s'effectue nettement qu'à partir de 750°, bien que dès 500° un faible anneau d'arsenic se dépose sur le tube, et qu'une minime quantité de gaz apparaisse durant les premières heures de l'expérience. Ce commencement de réaction semble être dû aux gaz réducteurs encore occlus dans le charbon (essais 1 à 4).

Entre 750 et 800°, il se forme de la baryte, de l'arsenic et de l'oxyde de carbone mélangé à une faible quantité d'anhydride carbonique (essais 5 à 8). La présence d'arsénite dans les produits non entièrement transformés permet d'admettre la superposition des deux réactions représentées par les équations suivantes :



(I) $$As^2O^5.3BaO + 2C = As^2O^3.3BaO + 2CO,$$

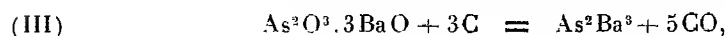


(II) $$As^2O^3.3BaO + 3C = 3BaO + 3CO + As^2,$$

la deuxième s'opérant à une vitesse moindre que la première.

A partir de 850°, on obtient des produits gris noirâtre qui contiennent de la baryte libre, du charbon et de l'arséniure de baryum. Ils peuvent également renfermer de l'arsénite de baryum, mais ils sont exempts de carbonate (essais 9 et 10).

Aux équations (I) et (II) vient alors se superposer l'une des deux suivantes :



(III) $$As^2O^3.3BaO + 3C = As^2Ba^3 + 5CO,$$



(IV) $$As^2 + 3BaO + 3C = As^2Ba^3 + 3CO.$$

Si, par suite d'une extraction trop lente, les produits gazeux, principalement constitués par de l'oxyde de carbone, restent au contact des produits solides subsistants, la formation d'arséniure est favorisée, en même temps que l'on observe la présence de carbonate de baryum dans le résidu; des opérations de durée croissante font alors apparaître une diminution simultanée des teneurs en arséniure et en carbonate (essais 11, 12).

Au contraire, par une extraction rapide des gaz, réalisée en substituant à la trompe à mercure une pompe de Gaiffe à double effet, il ne se forme que des traces d'arséniure (essais 13, 14).

Au-dessus de 1000°, la réaction est particulièrement rapide, et les produits formés, de couleur noire et fortement agglomérés, ne contiennent

pas de carbonate, alors même que les gaz ne sont pas éliminés instantanément (essais 15 et 16).

Des nombreuses déterminations analytiques effectuées, nous tirons le tableau suivant :

N° de l'essai.	Température.	Durée de la chauffe.	Répartition centésimale de l'arsenic après expérience. — Arsenic sous forme de As^2O^5.	As^2O^3.	As^2Ba^3.	As (subl.).	Teneur du produit final en CO^3Ba.
1.....	500°	18h	97,40	1,31	–	1,31	–
2.....	600	18	96,50	1,50	–	2,25	–
3.....	700	18	89,20	8,40	–	2,62	–
4.....	»	27	87,02	9,71	–	3,60	–
5.....	750	9	20,50	66,03	–	13,75	–
6.....	»	40	–	48,75	–	42,00	–
7.....	800	5	3,22	55,52	–	40,25	–
8.....	»	27	–	1,04	–	98,32	–
9.....	850	8	–	traces	8,10	92,12	–
10.....	900	2	–	0,34	16,30	85,05	–
11.....	900	2	–	4,62	53,50	40,53	7,80
12.....	»	9	–	–	8,25	93,00	1,82
13.....	900	2	–	13,60	2,05	85,20	–
14.....	»	3	–	0,72	3,20	94,21	–
15.....	1100	0.15m	–	–	57,50	41,75	–
16.....	1200	0.15m	–	–	58,25	42,60	–

Les constatations faites sur la réduction de l'arséniate tribarytique sont nettement différentes de celles que nous avons observées avec les arséniates de strontium et de calcium, dont les arséniures ne prennent respectivement naissance qu'aux températures voisines de 1500 et 1600°.

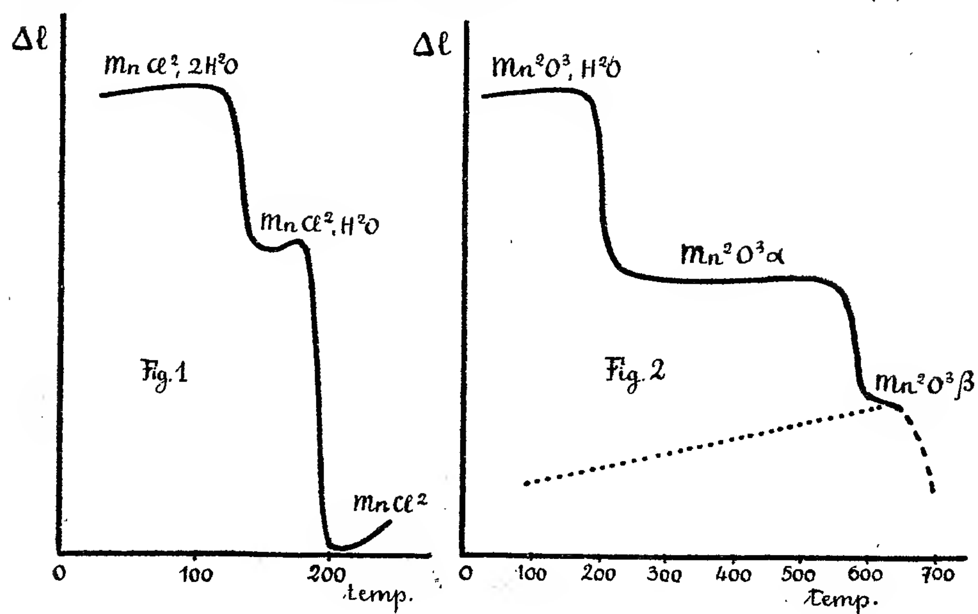
CHIMIE MINÉRALE. — *Étude dilatométrique de la déshydratation et de la décomposition thermique de quelques composés du manganèse.* Note de MM. **Pierre Dubois** et **Édouard Rencker**, présentée par M. G. Urbain.

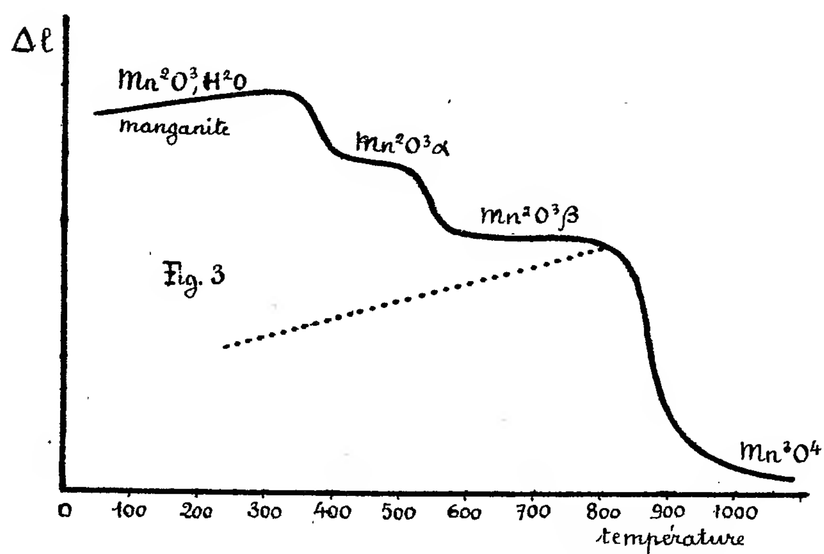
La dilatométrie semble être, dans certains cas, une bonne méthode d'étude de la déshydratation et de la décomposition thermique.

L'appareil employé ici permet l'enregistrement de la variation de longueur d'une substance avec la température. Celle-ci est repérée par la dilatation d'un étalon (alliage pyros de Chévenard ou zinc).

Déshydratation du chlorure manganeux bihydraté. — On opère sur des

bâtonnets obtenus par agglomération à la presse. L'un de nous [1] avait





montré, dans une étude faite avec une balance enregistrant les variations de poids en fonction d'une évolution linéairement croissante de la tem-

---

(1) PIERRE DUBOIS, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1502.

pérature, l'existence d'un hydrate $MnCl^2.H^2O$. On le retrouve ici (*fig.* 1).

Déshydratation de l'hydrate du sesquioxyde de manganèse $Mn^2O^3.H^2O$. — Cet hydrate donne, vers 250°, à l'abri de l'air, une variété allotropique du sesquioxyde $Mn^2O^3\alpha$ dont le diagramme X est différent de celui du sesquioxyde ordinaire $Mn^2O^3\beta$ (1). L'étude dilatométrique (*fig.* 2) montre aussi le passage de l'hydrate $Mn^2O^3.H^2O$ à $Mn^2O^3\alpha$. De plus, elle indique la température de transformation, environ 600°, de la première à la seconde variété.

On opère sur des cylindres obtenus par moulage et séchage d'une pâte de l'hydrate. L'oxydation, très superficielle de $Mn^2O^3\alpha$, ne gêne pas dans cette étude; mais $Mn^2O^3\beta$ subit un retrait si considérable, qu'on ne peut observer le passage à Mn^3O^4 qui se produit vers 930°. On n'obtient pas de meilleur résultat en opérant sur des bâtonnets de $Mn^2O^3\beta$ préparés à la presse. Peut-être faudrait-il utiliser des pressions très élevées.

Déshydratation de la manganite naturelle $Mn^2O^3.H^2O$ *ou* $MnOOH$. — Un bloc cristallin compact donne successivement (*fig.* 3) les deux variétés allotropiques $Mn^2O^3\alpha$ et $Mn^2O^3\beta$ qui ont été, aussi, identifiées par rayons X (2). Ici, on n'a pas le retrait considérable signalé au paragraphe précédent, et le passage de $Mn^2O^3\beta$ à Mn^3O^4 s'observe nettement. Comme il a été signalé, antérieurement, pour les produits artificiels (1), les diagrammes X de $Mn^2O^3\alpha$ et Mn^3O^4 présentent une grande similitude. Il est probable que la température des bâtonnets de manganite, comme celle des autres produits étudiés, n'est pas très uniforme. D'une expérience à l'autre on trouve quelques différences dans les températures de transformation, suivant qu'on opère sur des échantillons plus ou moins gros. Il semble aussi que $Mn^2O^3\alpha$ retient des traces d'eau. Par contre, la précision analytique pour $Mn^2O^3\beta$ et Mn^3O^4 est excellente (de l'ordre de 1 pour 1000).

On n'observe pas de réversibilité dans le passage de $Mn^2O^3\alpha$ à $Mn^2O^3\beta$: un refroidissement lent de ce dernier ne donne pas la variété α (courbe en pointillé de la figure 3).

Les différents diagrammes semblent montrer que les produits étudiés ont des coefficients de dilatation faibles par rapport à celui de l'étalon : puis, qu'après chaque transformation on a, en général, une courbe peu

(1) PIERRE DUBOIS, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1416.

(2) MM. M. Mathieu et Kurylenko ont déterminé les diagrammes de poudre nécessaires à cette étude.

inclinée sur l'horizontale. Il y a, sans doute, un retrait de la substance qui compense sa dilatation. En effet, si après refroidissement, jusqu'à la température ordinaire, d'un produit obtenu à température plus élevée, on l'étudie à nouveau, on obtient une courbe qui a l'allure de celle en pointillé de la figure 2.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction des oxydes de vanadium par l'oxyde de carbone et le carbone.* Note de M. **André Morette**, présentée par M. G. Urbain.

L'action, à haute température, du carbone sur les oxydes de vanadium constitue une méthode courante pour passer de l'anhydride vanadique au métal que l'on obtient ainsi toujours carburé, Les circonstances de cette réduction n'ayant jamais été précisées jusqu'ici, nous avons cherché à en déterminer l'allure dans son ensemble.

Nous avons tout d'abord repris l'étude de l'action de l'oxyde de carbone sur l'anhydride vanadique. En faisant passer continuellement en circulation fermée les gaz sur la nacelle contenant l'oxyde, et les analysant ([1]) ainsi que le produit obtenu, nous avons vérifié, comme Mdivani l'a signalé ([2]), que l'oxyde de carbone réduit au rouge le pentoxyde de vanadium en trioxyde et que le gaz carbonique formé ne réagit pas sur celui-ci; nous avons, en outre, pu mettre en évidence les faits suivants.

La réduction, lente au-dessous de 500°, devient très rapide à 600°, et peut aboutir au tétroxyde O^4V^2 si la quantité de gaz réducteur mise en œuvre est insuffisante; en faisant intervenir un volume convenablement calculé d'oxyde de carbone, nous avons en effet obtenu un mélange ayant la composition suivante :

	%
Trioxyde de vanadium V^2O^3	2,4
Tétroxyde de vanadium O^4V^2	93,2
Anhydride vanadique V^2O^5	4,1

Le gaz carbonique et l'oxyde de carbone restent sans action sur le trioxyde de vanadium à la température de 1200°, au moins pour une pression inférieure à 760^{mm} de mercure.

([1]) Le dosage de l'oxyde de carbone dans les gaz a été effectué au moyen du réactif de Lebeau et Bedel (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 108).

([2]) *Ann. Ch. anal.*, 12, 1907, p. 305.

Friederich et Sittig (¹) ont indiqué que l'anhydride vanadique est réduit par le carbone vers 900°-1000°, avec production d'oxyde O^4V^2, d'une petite quantité de trioxyde V^2O^3, et formation d'un volume important de gaz carbonique à côté de l'oxyde de carbone. En chauffant dans le vide à différentes températures un mélange comprimé d'anhydre vanadique pur avec un excès de charbon de sucre, nous avons pu constater que :

1° à 1000°, on obtient du trioxyde de vanadium;

2° la réduction, qui débute à 400°, s'accomplit nettement en deux temps, avec formation intermédiaire de tétroxyde apparaissant vers 700°;

3° le passage au tétroxyde se fait avec production de gaz carbonique, et seulement d'une très faible quantité d'oxyde de carbone, tandis que les proportions relatives de ces gaz sont inversées au cours de la réduction du tétroxyde en trioxyde, la quantité de gaz carbonique formé diminuant rapidement à mesure que la température s'élève.

Nous avons poursuivi nos essais au-dessus de 1200° en utilisant le four à vide Garvin-Chaudron, et en opérant dans un creuset de graphite. Nous avons chauffé ainsi, à des températures croissantes, des mélanges d'anhydride vanadique ou de trioxyde de vanadium avec du charbon de sucre en grand excès, comprimés à la presse hydraulique. Les produits que nous avons obtenus sont restés agglomérés, mais non fondus; leur analyse nous a fourni les résultats suivants :

		Analyse du contenu du creuset					
Température °C.	Temps.	Vanadium.	Carbone total par combustion %.	Carbone non combiné ins. dans NO^3H %.	Carbone combiné par diff. %.	Oxygène par diff. %.	Rapport V/O.
		Anhydride vanadique.					
1200°	15m	50,7	27,2	27,1	–	22,1	2/2,8
1415	15	63,3	17,9	18,0	–	18,8	2/1,9
1500	15	78,1	12,5	8,8	3,7	9,4	–
1500	90	85,5	12,0	1,3	10,7	2,5	–
1580	15	85,2	12,2	4,3	7,9	2,6	–
1760	15	84,6	15,5	1,1	14,4	–	–
1915	15	85,2	15,1	0,9	14,2	–	–
		Trioxyde de vanadium.					
1500	15	76,2	20,0	15,5	5,5	3,8	–

(¹) *Zeits. an. allg. Chem.*, **145**, 1925, p. 131.

La réduction du trioxyde de vanadium, qui débute à 1200°, ne devient complète que vers 1700° et, dans les conditions de nos expériences, la carburation du métal commence à une température bien inférieure à celle à laquelle l'oxygène disparaît totalement de l'ensemble de la masse; si l'on augmente la durée de la chauffe, l'évolution se poursuit notablement plus loin pour une température donnée.

Une chauffe ménagée au four à arc de Moissan a donné une masse hétérogène, constituée de plusieurs parties distinctes que nous avons séparées et analysées :

	Vanadium %.	Carbone total %.	Carbone non combiné %.	Carbone combiné %.	Oxygène %.
a. Amorphe et pulvérulent, marron rosé.	66,4	10,6	10,6	–	23,0
b. Fondu, gris terne, nombreuses cavités.	78,9	8,9	–	8,9	12,2
c. Fondu, gris métallique, nombreuses cavités.	83,8	9,7	–	9,7	6,5

Dans les produits fondus, nous retrouvons ici la coexistence du vanadium oxydé et du vanadium carburé, ce qui montre qu'en présence de carbone, au fur et à mesure de sa libération, le vanadium naissant s'y combine très rapidement.

En résumé, la réduction de l'anhydride vanadique par l'oxyde de carbone ou par le carbone débute au-dessous de 500°, et aboutit au trioxyde de vanadium avec formation intermédiaire possible de tétroxyde. Le trioxyde de vanadium lui-même est réduit par le carbone à partir de 1200° en vanadium, dont la carburation est presque instantanée dans les essais de laboratoire, où l'on opère sur de faibles quantités de matières.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation et propriétés du ferroate de sodium.* Note de M. **Xavier Thiesse**, présentée par M. Lespieau.

Grube et Gmelin, en étudiant la préparation des ferrates ont signalé en 1920 (¹) la formation de ferroate de sodium (²) par dissolution anodique du fer dans la soude à 40 pour 100.

(¹) *Z. Electrochem.*, 26, 1920, p. 459.

(²) Le terme de *ferroate* employé dans la littérature allemande pourrait être avantageusement remplacé par le mot *hypoferrite*.

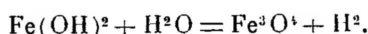
Nous avons pu préparer le même sel *à haute concentration* par action directe de lessives concentrées de soude [1] sur $Fe(OH)^2$.

Mode opératoire. — On opère à l'ébullition et en atmosphère inerte (azote désoxygéné). Les solutions de NaOH utilisées ont une concentration variant de 34 à 57 pour 100. Dès que l'alcali caustique est à l'ébullition (150 à 160°C.), on y verse goutte à goutte une solution de $SO^4Fe.7H^2O$ à 100^g par litre. On peut facilement dissoudre 20^g de $Fe(OH)^2$ par litre de soude à 50 pour 100. A chaud, la liqueur de ferroate est vert émeraude, plus ou moins foncé suivant la concentration.

Si l'on refroidit rapidement une solution suffisamment concentrée en $Fe(OH)^2$ jusqu'à une température de l'ordre de 40°, on a précipitation de nombreux cristaux blancs tandis que la coloration du liquide pâlit fortement. L'examen au microscope révèle la présence de lamelles hexagonales, transparentes et incolores. On peut parfois obtenir des cubes au lieu d'hexagones.

PROPRIÉTÉS DE LA SOLUTION. — 1° *Action de l'eau parfaitement désaérée.* — *a.* en grand excès : on a une simple hydrolyse, avec précipitation de $Fe(OH)^2$ blanc;

b. en défaut : à température suffisamment élevée l'eau oxyde le ferroate de sodium avec précipitation de l'hydroxyde magnétique, $Fe^3O^4.nH^2O$. C'est une réaction lente :



$$Fe(OH)^2 + H^2O = Fe^3O^4 + H^2.$$

Nous avons étudié l'influence de la concentration en NaOH et de la température sur la vitesse de réaction.

α. *Influence de la concentration en* NaOH. — La vitesse décroît d'abord (de 45 à 51 pour 100 en soude), passe par un minimum (51 pour 100) et croît pour les concentrations supérieures.

On opère sur 100^g de lessive de soude. On y dissout à chaud une quantité donnée de $Fe(OH)^2$ (soit 2^g). On mesure, après 20 heures de repos à 40°C., la concentration de $Fe(OH)^2$ resté en solution.

C_{NaOH} (en %).....	45,8.	50.	51.	51,5.	52,5.	57.
Grammes $Fe(OH)^2$ dissous par litre.	3,1	5,6	7,4	6,4	4,6	1,43

β. *Influence de la température.* — La vitesse d'oxydation du ferroate par

(1) La solubilité de $Fe(OH)^2$ dans la potasse est considérablement plus faible que dans la soude.

l'eau croît avec la température. On a maintenu pendant 3 heures à diverses températures des solutions de ferroate dans la soude à 51 pour 100, puis on a dosé l'hydroxyde ferreux resté en solution [concentration initiale : 2 pour 100 $Fe(OH)^2$].

C°.	40°.	97°.	145°.
Grammes $Fe(OH)^2$ par litre...........	9,8	8,15	7,9

2° *Action de l'air.* — On ne constate aucune action apparente en milieu très sodique. La solution reste à froid d'un beau bleu (cf. SO^4Cu).

Propriétés du sel solide. — L'eau l'hydrolyse instantanément avec précipitation d'hydroxyde de Fe^3O^4 et libération de soude (dosage). Le sel est soluble daas la soude, à chaud, et redonne la liqueur bleue initiale.

L'air l'oxyde rapidement en Fe^2O^3. Les cristaux ne peuvent malheureusement pas être débarrassés complètement de leur eau mère [1] ce qui nous a empêché de faire une détermination de formule. L'analyse donne, par molécule de $Fe(OH)^2$, 8^{mol} de soude.

Ainsi nous avons pu réaliser des solutions de ferroate de sodium à concentration très élevée, *de l'ordre de* 13 *à* 15^g *de fer par litre*, stables à l'air en milieu très sodique.

L'eau désaérée oxyde ces solutions à température peu élevée (40°) en donnant de l'hydroxyde noir ferrosoferrique; en milieu très dilué avec de l'eau désaérée il y a uniquement hydrolyse et séparation de $Fe(OH)^2$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation et les propriétés de quelques cupritétrachlorures et cupritétrabromures.* Note de M. **Jean Amiel**, présentée par M. Lespieau.

J'ai obtenu les cupritétrachlorures et les cupritétrabromures suivants :

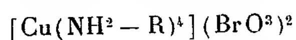
$[CuCl^4](NH^3-CH^3)^2$,	$[CuBr^4](NH^3-CH^3)^2$,
$[CuCl^4](NH^3-C^2H^5)^2$,	$[CuBr^4](NH^3-C^2H^5)^2$,
$[CuCl^4](NH^3-CH^2-CH^2-CH^3)^2$,	$[CuBr^4](NH^3-CH^2-CH^2-CH^3)^2$,
$[CuCl^4](NH^3-CH^2-C^6H^5)^2$,	$[CuBr^4](NH^3-CH^2-C^6H^5)^2$,
$[CuCl^4](NH^3-CH^2-CH^2-NH^3)$,	$[CuBr^4](NH^3-CH^2-CH^2-NH^3)$.
jaunes.	noirs.

Préparations. — 1° On dissout dans l'eau le chlorure ou le bromure cui-

(1) L'alcool absolu lui-même oxyde le ferroate en $Fe(OH)^3$.

vrique en léger excès et le chlorhydrate ou le bromhydrate de l'amine primaire, puis on évapore au-dessous de 100° sous pression réduite. On recommence une ou deux cristallisations fractionnées, en suivant, grâce aux analyses, les progrès de la purification.

2° J'ai obtenu pour la première fois ces cupritétrachlorures par action du chlore ou de l'acide chlorhydrique soit sur les chlorates cuivriques complexes que j'ai décrits antérieurement (¹), soit sur les perchlorates analogues. De même, j'ai préparé les bromates complexes du type


$$[Cu(NH^2-R)^4](BrO^3)^2$$

qui, traités par l'acide bromhydrique conduisent aux cupritétrabromures, tandis que, sous l'action brutale du brome liquide, ils donnent un mélange complexe de produits noirs et verts. La première méthode est, de beaucoup, préférable à celles-ci.

Propriétés. — Les cupritétrachlorures sont constitués par de petites lamelles brillantes, d'un très beau jaune plus ou moins foncé suivant la nature de l'amine et la grosseur des cristaux. Les cupritétrabromures se présentent sous forme de lamelles noires, avec des reflets verdâtres, très brillantes; les deux derniers sont plus ternes. Tous ces composés ne sont pas déliquescents et peuvent être conservés sans altération à l'air libre, aussi bien que dans le vide.

Tous sont insolubles, même à chaud, dans l'éther, le chloroforme, le benzène, le pinène gauche. Le cupritétrachlorure et le cupritétrabromure obtenus avec l'éthylène-diamine sont insolubles dans l'alcool éthylique, l'alcool butylique, l'acétone, l'acide acétique. Les autres cupritétrachlorures sont légèrement solubles à chaud dans ces derniers solvants : les alcools se colorent en jaune clair, ainsi que l'acide acétique qui abandonne par refroidissement quelques jolis cristaux extrêmement fins; l'acétone se colore en jaune orangé. Les cupritétrabromures, à l'exception du dernier, sont assez solubles dans les alcools qu'ils colorent en brun rougeâtre ou en noir jaunâtre suivant la concentration; ils sont aussi solubles dans l'acétone et l'acide acétique qu'ils colorent en vert intense.

Tous ces composés sont très solubles dans l'eau; les solutions étendues sont bleues et la dissociation du complexe est complète, les solutions concentrées des cupritétrachlorures sont vertes, tandis que celles des cupritétrabromures sont d'un brun rougeâtre ou lie de vin. A l'ébullition, on

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 51 et 201.

constate une légère décomposition des cupritétrabromures : le quatrième, en particulier, donne du bromure de benzyle facile à reconnaître. Les têtes de cristallisation sont souvent trop pauvres en cuivre, si l'on n'a pas mis un excès de bromure cuivrique, alors que l'inverse se produit avec les solutions dans l'acide acétique. Chauffés, ces produits fondent en se décomposant très rapidement, les uns vers 125 à 150°, les composés de l'éthylène-diamine un peu au-dessus de 200°.

L'ammoniaque donne la coloration bleue caractéristique des sels cuivriques. La potasse concentrée précipite $Cu(OH)^2$ qui se transforme à chaud en CuO noir, tandis que l'amine se dégage. L'acide bromhydrique permet de transformer les cupritétrachlorures en cupritétrabromures; le chlore effectue le passage inverse.

Conclusions. — J'ai donc obtenu directement et par voie humide des cupritétrachlorures anhydres, alors qu'on est obligé de passer par l'intermédiaire des sels à deux molécules d'eau pour préparer, par voie sèche, les cupritétrachlorures du potassium, du rubidium, du cæsium, d'ammonium. Aucun cupritétrabromure anhydre n'avait été décrit.

Rappelons que l'ammoniac donne d'abord les sels verts


$Cl^2Cu, 2ClNH^4, 2H^2O$ et $Br^2Cu, 2BrNH^4, 2H^2O$,

tandis que les amines primaires m'ont donné directement les complexes du type $[CuCl^4](NH^3 - R)^2$ ou $[CuBr^4](NH^3 - R)^2$. Les sels hydratés se comportent, tant au point de vue des coefficients d'aimantation moléculaire (1) qu'à celui des chaleurs d'hydratation (2) comme des sels doubles dans lesquels l'eau de constitution est sous la dépendance de tous les éléments du sel.

L'éthylène-diamine, qui conduit si souvent à des hydrates (3), ne se différencie pas ici des monoamines primaires, si ce n'est par la moins grande solubilité des produits et par leur plus forte résistance à la chaleur.

---

(1) Mlle Feytis, *Annales de Chimie*, 10e série, 4, 1925, p. 75.

(2) Bouzat et Chauvenet, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 913.

(3) J. Amiel, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 201.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les dicyanimides.*
Note de M. **Joseph Biechler**, présentée par M. G. Urbain.

Plusieurs méthodes ont déjà été préconisées pour l'obtention de la dicyanimide de sodium. La plus ancienne (1) propose le chauffage de l'amidure de sodium avec le mellon de Liebig. Plus récemment (2), on a recommandé la fusion du cyanure de mercure avec le cyanure de sodium. Par contre, Mauguin et Simon (3) ont obtenu la dicyanimide d'argent par action du chlorure de cyanogène sur la cyanamide d'argent.

La seule méthode pratique, permettant la préparation de quantités importantes de dicyanimide, est celle de Madelung et Kern (4) dont l'essentiel consiste dans l'action du bromure de cyanogène sur une solution aqueuse diluée de cyanamide de sodium vers 0° C.

La molécule d'ammoniaque en solution aqueuse en présence de cyanure et d'hypochlorite de sodium peut également se transformer en dicyanimide (5).

Cette réaction se réduit à l'action du chlorure de cyanogène sur l'ammoniaque où l'alcalinité du milieu favorise la formation de dicyanimide.

Nous avons constaté, d'ailleurs, que la mono-chloramine pure et les mono- et dichloroparatoluylsulfamides, agissant sur les solutions alcalines de cyanure de sodium et d'ammoniaque, conduisaient également à la dicyanimide en passant par les produits intermédiaires chlorure de cyanogène et cyanamide. Les faibles rendements obtenus ne confèrent à ces réactions qu'un intérêt théorique.

Au cours d'essais entrepris dans le but de réaliser une substitution symétrique des atomes d'hydrogène de l'amidure de sodium, nous avons observé qu'il est facile de parvenir à la dicyanimide sodée sous l'action de bromure de cyanogène.

La nécessité d'opérer en absence rigoureuse d'eau et l'insolubilité des produits de réaction dans les solvants organiques n'ont permis de réaliser la transformation qu'en recourant au renouvellement continu des surfaces actixes par broyage au moulin à boulets. Un broyage à la température ordinaire d'environ soixante heures, transforme intégralement l'amidure en dicyanimide.

---

(1) Bannow, *Ber. der deut. chem. Ges.*, **11**, 1878, p. 249.
(2) Franklin, *Journ. Amer. chem. Soc.*, **44**, 1922, p. 497.
(3) Mauguin et Simon, *Comptes rendus*, **170**, 1920, p. 1001.
(4) Madelung et Kern, *Liebig's Ann.*, **427**, 1922, p. 1.
(5) Short, *Chem. News*, **126**, 1923, p. 100.

Le schéma de la réaction est le suivant :



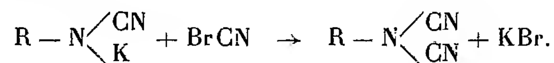
$$3\,NaNH^2 + 2\,BrCN \rightarrow NaN(CN)^2 + 2\,NH^3 + 2\,NaBr.$$

Il est aisé de vérifier au cours de la réaction la formation passagère de cyanamide. Par contre, à partir de la cyanamide de sodium la dicyanimide ne se forme que beaucoup plus lentement dans ces conditions, à cause de la résistance au broyage présentée par les grains de ce composé.

Le chlorure et l'iodure de cyanogène ont permis également l'obtention de la dicyanimide par cette méthode. Cette réaction constitue un exemple remarquablement net de la symétrie fonctionnelle des deux atomes d'hydrogène de l'amidure de sodium.

Nous avons cherché à apporter une contribution à la connaissance de l'aptitude réactionnelle de la fonction — $N(CN)^2$ en préparant quelques-uns de ses dérivés organiques.

La stabilité des cyanamides de la série aromatique nous a conduit à choisir le mode opératoire suivant : les cyanamides sont au préalable transformées en sels de potassium ou d'argent. Après purification par cristallisation et dessiccation, on traite leur dispersion dans le benzène par le bromure de cyanogène à la température ordinaire. Une réaction assez rapide transforme complètement la fonction cyanamide en dicyanimide d'après le schéma



$$R - N\begin{matrix} \diagup CN \\ \diagdown K \end{matrix} + BrCN \rightarrow R - N\begin{matrix} \diagup CN \\ \diagdown CN \end{matrix} + KBr.$$

L'action directe du bromure de cyanogène sur la cyanamide libre ne nous a jamais permis d'isoler la dicyanimide. Nous avons, par contre, obtenu la phényldicyanimide (¹), fondant à 87°,5. Elle présente l'aspect de fines aiguilles blanches très solubles dans le benzène. Avec les toluylcyanamides, nous sommes parvenu à préparer la paratolyldicyanimide fondant à 69° et ayant également la forme d'aiguilles blanches, très solubles dans les hydrocarbures aromatiques. Par contre avec l'orthotoluylcyanamide, les monochlorphénylcyanamides et l'α-naphtylcyanamide, nous avons régulièrement obtenu des mélanges de polymères des dicyanimides correspondantes.

La difficulté principale rencontrée au cours de la préparation des dicyanimides que nous avons isolées est d'éviter la polymérisation. Tout chauffage au cours du traitement aboutissant à leur isolement, risque de la provoquer. Déjà, lors de la préparation de la paratoluyldicyanimide, le rendement est abaissé par la grande tendance de cette molécule à la polymérisation.

Par chauffage sous vide vers 100°, la phényldicyanimide pure se transforme sans changer de composition centésimale en une masse vitreuse colorée en jaune. Son poids moléculaire mesuré par cryoscopie dans le benzène fournit un indice de polymérisa-

---

(¹) L'analyse a donné les valeurs suivantes :

Substance : 0g,0387. Poids de CO^2 : 0g,0961 ; C : 67,72 %. Poids de H^2O : 0g,0122. H : 3,5 ; N : 29,24 %.

Substance : 0g,1907 ; T : 21° ; V : 48cm³,4 ; *p* : 754mm Hg.

Pour 100 exigé pour la phényldicyanimide : C 67,13 ; H 3,5 ; N 29,37.

tion compris entre sept et huit, alors que mesuré dans le camphre on obtient une valeur voisine de deux. Nos tentatives d'isolement du trimère, ayant la configuration de la triphényltricyanmélamine, n'ont pas eu de succès.

L'ortho-anisidylcyanamide nous a également fourni sous l'action du bromure de cyanogène l'ortho-méthoxyphényldicyanimide fondant vers 62° C.

Ces exemples de dicyanimides aromatiques, dont les points de fusion sont peu élevés, conduisent à faire des réserves quant à l'existence réelle de la seule alcoyle dicyanimide décrite ([1]), la méthyldicyanimide de point de fusion 221° C.

La répétition du procédé préconisé pour sa préparation consistait dans l'action de l'iodure de méthyle sur la dicyanimide d'argent en tube scellé vers 100°. Nous n'avons obtenu qu'un produit peu abondant fondant vers 200°, mais ne correspondant pas à un corps pur. D'autre part, l'iodure de phényle dans les mêmes conditions n'a pas fourni de phényldicyanimide.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure des dinitrocelluloses.* Note de M. **Marcel Mathieu**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons repris sur des nitroramies spécialement préparées en vue de conserver une bonne structure cristalline ([2]), les essais que nous avions faits sur les cotons nitrés ([3]).

A partir d'un taux d'azote de 10,5, on observe le diagramme propre de la *dinitrocellulose*. Ce diagramme se conserve, à de légères variations près dans la position des taches, jusqu'à un taux d'azote d'environ 12,90 pour 100. Si le taux d'azote augmente au delà de cette limite, on constate que, peu à peu, se précisent des taches nouvelles. Enfin pour un taux d'azote de 13,3 pour 100 il ne reste que le diagramme caractéristique de la *trinitrocellulose*.

Cette évolution des diagrammes peut s'interpréter en admettant, que pour les faibles taux d'azote, la répartition des groupes NO^2, le long des chaînes moléculaires ne présente aucune régularité. A mesure que le degré de nitration augmente, la régularité s'accroît parce que les places dispo-

([1]) Madelung et Kern, *loc. cit.*

([2]) La méthode de préparation de ces nitroramies a fait l'objet d'une Communication de M. Brissaud au XIVe Congrès de Chimie industrielle. Paris, 1934 (*Chimie et Industrie*, sous presse).

([3]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 234 et 254; *Trans. Far. Soc.*, 39, 1933, p. 122.

nibles sont peu à peu occupées. Nous avons cherché à rattacher les diagrammes des nitrocelluloses à un réseau spacial de translation.

Nous avons admis que toutes les fois que la structure fibreuse n'est point altérée par la réaction (comme c'est le cas de la nitration) la disposition générale de la structure de la cellulose se conserve. On peut alors établir une correspondance entre les taches des diagrammes de diffraction de la cellulose et des nitrocelluloses, et en déduire comment se modifie la structure. Une telle étude confirme que, dans les dinitrocelluloses, les groupes NO^2 se placent au hasard le long de l'axe de fibre. Elle permet en outre d'affirmer que les groupes NO^2 se fixent dans les plans des anneaux de glucose. On passe de la structure de la cellulose naturelle à celle des nitrocelluloses d'un taux d'azote ne dépassant pas 13 pour 100 en écartant les axes des chaînes moléculaires dans le plan des anneaux glucosiques [plan (002) de la maille de cellulose native] à une distance de 13,86 Å et en conservant l'espacement de ces plans réticulaires.

Cet écartement de 13,86 Å correspond bien aux dimensions du groupe NO^2 calculées d'après les rayons atomiques admis pour l'azote et pour l'oxygène).

En effet, la distance des centres N-O est de 1,40 Å. L'encombrement linéaire, somme des diamètres, est de $1,40 \times 2 = 2,80$ Å. Les groupes nitriques pouvant se loger des deux côtés de la chaîne, les chaînes doivent s'écarter du double, soit de 5,6 Å, or l'élargissement de la maille est de

$$13,86 - 8,20 = 5,66 \text{ Å}.$$

Le réseau monoclinique des nitrocelluloses de taux d'azote $<$ 13 pour 100 est caractérisé par les périodes de translation

$$a = 13,86 \text{ Å}, \quad c = 8,0 \text{ Å}, \quad \beta = 90^{\circ}.$$

Les chaînes sont parallèles à b. On ne peut fixer de période le long de cet axe à cause de la distribution irrégulière des groupes NO^2. Les diagrammes de rayons X décèlent cependant l'existence, dans la direction de cet axe b, d'une pseudo-période de 5,2 Å qui est le diamètre de l'anneau de glucose. (Cette pseudo-période se manifeste sur les diagrammes de rayons X par les arcs que nous avons appelés B_1 et B_3.) On trouve également une pseudo-période, d'environ 3,5 Å, très fortement marquée (arc B_2). Cette distance de 3,5 Å représente, très probablement, la distance moyenne séparant les

atomes d'oyygène des groupes NO^2 étagés le long d'une chaîne moléculaire.

Les taches observées sur les diagrammes sont résumées ci-dessous :

Désignation.	Indice affecté.	Intensité.
Équateur : A_1..................	101 et 10$\bar{1}$	TF
» A_2..................	002	M
Un arc étendu et à bords flous A'_2.		
Ligne perpendiculaire à l'équateur :		
B_1..........................	Pseudo-période de 5,2 Å	M
B_2..........................	Pseudo-période de 3,5 Å	TF et large
B_3..........................	Pseudo-période de 5,2 Å (2e ordre)	*f*

Voici les variations, en fonction du taux d'azote, des distances réticulaires d_1 et d_2 correspondant respectivement aux taches A_1 et A_2.

N pour 100.	θ_1.	d_1.	θ_2.	d_2.
10,54..................	6°27′	6,84	faible	
11,46..................	6°22′	6,93	11°4′	4,0 Å
12,30..................	6°14′	7,08	»	»
12,66..................	6°11′	7,13	»	»
12,90..................	6°10′	7,15	»	»

LITHOLOGIE. — *L'origine des schistes cristallins de la Kabylie de Collo (Département de Constantine, Algérie).* Note [1] de M. **Marcel Roubault.**

Les schistes cristallins de la Kabylie de Collo comprennent des formations nettement schisteuses (schistes satinés, micaschistes), des formations gneissiques (gneiss à biotite, gneiss granulitique, gneiss amphibolique) et des roches plus basiques (amphibolites); enfin j'ai observé quelques bancs de cipolins.

L'étude micrographique et chimique de ces roches conduit à des conclusions intéressantes qui permettent de préciser leur origine.

1° *Composition minéralogique et structure.* — Les silicates d'alumine (andalousite, sillimanite, cordiérite, disthène) et le grenat almandin sont fréquents dans les schistes satinés et les micaschistes.

Il y a une corrélation étroite entre la texture gneissique des gneiss et

(1) Séance du 26 décembre 1934.

gneiss granulitiques et la présence de minéraux brisés; on n'observe jamais de roche à minéraux alignés non broyés (observation portant sur plus de 100 plaques minces). De plus, au milieu d'un massif important de ces roches (Forêt de Demnia) j'ai trouvé un îlot à texture granitique de composition minéralogique identique aux gneiss voisins. Il y a passage progressif entre ce noyau de granite et granulite et les gneiss et gneiss granulitiques.

Enfin, la présence presque constante de quartz et de micas en inclusion dans les plages feldspathiques non brisées des gneiss et gneiss granulitiques montre l'existence d'un ordre de cristallisation régulier, contrairement à ce que l'on observe ordinairement dans les roches métamorphiques grenues.

2° *Composition chimique.* — Vingt échantillons ont été analysés. Les chiffres obtenus ont été interprétés soit à l'aide des paramètres de l'École américaine, soit à l'aide des paramètres S, Al, F d'Osann.

Les paramètres sont les suivants :

Micaschiste à muscovite presque exclusive	I'.5.1.2
Micaschiste à grenat	I(II).3.2.(2)3
Micaschiste à plagioclases	I.(3)4.(1)2.3'
Gneiss granulitiques	I.4.1'.'4; I.(3)4.1.'4; I.(3)4.1'.4; I.'4.1'.3(4); I.(3)4.1(2).'4; I.'4.1.2; I.3'.1.2'; I.3'.1.3; I.4.1'.3'
Gneiss à biotite	I(II).4.(2)3.4; I.4.2.3
Gneiss à deux micas	I'.4.2.3; I'.4.2.3'
Gneiss à grenat	I'.4.2.3'-3(4).; I(II).4.(2)3.3(4)
Amphibolite feldspathique	III.5.4.1'
Amphibolite feldspathique à épidote et zoïsite	II.5.5.2

Les paramètres du micaschiste à grenat, du micaschiste à plagioclases ainsi que ceux de tous les gneiss sont indiscutablement des paramètres de roches éruptives acides; dans le répertoire de Washington [1] j'ai trouvé de nombreuses analyses de granite, microgranite, rhyolite, etc., tout à fait identiques. Par contre, il n'existe pas de roches éruptives admettant comme paramètres les valeurs I'.5.1.2 (micaschiste à muscovite

---

[1] *Chemical analysis of Rocks* (*U. S. Geol. Surv.*, *Prof. pap.*, 99, 1917).

presque exclusive), III.5.4.1' (amphibolite feldspathique) et II.5.5.2 (amphibolite feldspathique à épidote et zoïsite).

L'établissement du diagramme triangulaire SAlF d'Osann confirme les résultats précédents en plaçant les points correspondant aux gneiss dans l'aire des roches *ortho*, ou très près de la limite de cette aire, et les points correspondant aux amphibolites et au micaschiste à muscovite presque exclusive dans l'aire des roches *para*.

En résumé, on peut conclure que les gneiss (à biotite, granulitique et à amphibole) de la Kabylie de Collo sont *des roches de profondeur écrasées;* ils ont en effet tous les caractères chimiques et minéralogiques de granites ou de granulites et, de plus, leur texture gneissique est fonction du broyage de leurs éléments. Les amphibolites et la majeure partie des micaschistes résultent par contre de la transformation de sédiments et ont une origine *para* (excès d'alumine ou de chaux). Il n'y a, pour ces dernières roches, aucune relation entre le broyage et la texture; j'ai observé maintes fois des textures granoblastique ou lépidoblastique schisteuses avec des cristaux exempts de toute déformation mécanique. En outre, la présence de quelques bancs de cipolins intercalés est également un argument en faveur de cette origine *para*.

Je crois donc pouvoir écrire que le complexe des schistes cristallins de la Kabylie de Collo résulte de la transformation par des actions orogéniques puissantes — sans doute forces tangentielles — d'un grand massif de granite et de granulite entourés de sédiments schisteux métamorphisés [1]. Ces conclusions devront probablement être étendues vers l'Ouest et vers le Sud au reste de la Petite Kabylie et vers l'Est au Massif de l'Edough.

LITHOLOGIE. — *Sur l'étude de l'élasticité des roches par la méthode de restitution.* Note [2] de Mlle **J. Roess**, présentée par M. Ch. Maurain.

Le coefficient de restitution ε d'une roche s'obtient par l'observation des rebondissements d'une bille d'acier sur une face polie de la roche [3]. Soient H

---

(1) Certains blocs de schistes à andalousite et disthène sont indiscutablement des vestiges d'une auréole de métamorphisme granitique (type Pyrénées) aujourd'hui complètement dissociée.

(2) Séance du 26 décembre 1934.

(3) E. Oddone, *Annali dell' Uff. Centrale Meteorologico e Geodinamico Italiano*, 33, 1911, parte I, n° 3, p. 19.

la hauteur initiale de laquelle tombe la bille, h celle à laquelle elle remonte après un rebondissement. Soient v la vitesse qu'elle possède lorsqu'elle heurte la surface, v' (dirigée en sens inverse) celle avec laquelle elle quitte ce plan

$$v' = -\varepsilon v,$$

d'où

$$\varepsilon = -\frac{v'}{v} = -\sqrt{\frac{2gh}{2gH}} = -\sqrt{\frac{h}{H}};$$

de là le procédé de mesure de ε.

Ce coefficient est évidemment complexe, car il fait intervenir l'élasticité de la bille en même temps que celle de la roche. Mais si, au cours des mesures, on se sert de billes du même acier, les chiffres obtenus pour les divers échantillons de roches sont comparables et permettent d'en faire un classement rapide.

Après avoir mesuré ce coefficient ε pour un certain nombre de roches des Vosges, ainsi que le module d'Young E correspondant, je me suis proposé de rechercher comment se comporte la bille au cours des rebondissements suivant le premier. Si on la fait tomber successivement sur deux blocs de roches de nature différente d'une hauteur d'environ 50^{cm}, par exemple, sur du marbre blanc d'Italie et sur la roche qu'on désigne dans l'industrie des matériaux sous le nom de Trapp, on constate que la bille ne rebondit que 3 ou 4 fois sur le premier et plus de 100 fois sur le second. La méthode directe visuelle ne permet de mesurer d'une façon suffisamment précise que les premiers rebondissements, les derniers se suivent trop rapidement et il arrive même un moment où l'on ne peut plus les séparer.

Une méthode d'inscription pouvait seule permettre de suivre le mouvement jusqu'à l'arrêt total de la bille sur la surface polie de la roche. J'ai donc eu recours à la méthode photographique. Après de nombreux essais, relatifs à l'éclairage de la bille et au mode de déplacement de la plaque sensible, je me suis arrêtée au dispositif suivant. J'ai utilisé le chariot, qui se déplace le long d'une vis sans fin, de l'inscripteur universel Boulitte que possède l'Institut. J'y ai fait installer un plateau très stable percé de plusieurs trous permettant de fixer solidement l'appareil photographique sur ce plateau et d'en régler la distance à la roche. Il est dès lors très facile, en combinant les différentes poulies qui servent au changement des vitesses, de communiquer à la plaque sensible des vitesses de translation variables. La roche et la bille sont très fortement éclairées par un arc. Des

écrans convenablement placés et des étoffes noires mates suppriment la lumière diffuse et les réflexions sur toutes les parties métalliques.

Par suite du déplacement de l'appareil photographique, la plaque sensible inscrit une série de courbes dont les maximums correspondent aux points les plus élevés atteints par la bille. Bien que ces courbes dussent se raccorder exactement sur le plan de la roche au point où se produit le rebondissement, on constate qu'en fait le raccord se fait un peu au-dessus de ce plan. La cause en est que ce qu'on inscrit, c'est non pas l'image de la bille elle-même, mais celle de l'arc électrique fournie par la surface de la bille qui joue ici le rôle de miroir sphérique convexe. Ce point change de place suivant la hauteur de la bille par rapport à l'arc. Il en résulte une complication pour la mesure exacte des hauteurs, que j'ai pu vaincre en employant une échelle de comparaison formée de billes identiques placées à différentes hauteurs. Une première est placée de telle sorte que si l'échelle repose sur la roche, elle lui soit tangente. Elle fournit ainsi la ligne de base de la courbe. Quand la plaque photographique se déplace devant cette échelle, les points lumineux correspondant aux différentes billes inscrivent des lignes droites, dont l'écart varie légèrement avec la hauteur mais qui permettent une interpolation facile. Cependant il y a lieu de tenir compte du fait que la bille, au cours de ses rebondissements successifs et malgré un réglage minutieux subit sur la roche un déplacement dont le sens et la grandeur sont faciles à évaluer si l'on compare la position de la base de la courbe à celle de la ligne de base fournie par la bille inférieure de l'échelle de comparaison.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains anciens du Gabon.* Note de M. **Boris Choubert**.

Chargé en 1933-1934 d'une mission géologique en Afrique Équatoriale Française, j'ai parcouru la région comprise entre la frontière du Cameroun au Nord, Ouesso à l'Est et Franceville au Sud. La partie centrale de ce pays est occupée par une large bande granito-gneissique, bordée à l'Est et à l'Ouest par des terrains sédimentaires anciens. Les bassins dans lesquels ces derniers se sont déposés communiquaient jadis par la dépression empruntée aujourd'hui par l'Ogooué. Cette dépression sépare la zone granito-gneissique en deux parties : au Nord le massif du Gabon septentrional; au Sud celui du Chaillu. Les terrains sédimentaires anciens

plongent à l'Est sous les dépôts fluvio-lacustres de la cuvette congolaise et, à l'Ouest, sous les terrains marins secondaires et tertiaires de la zone côtière.

Le socle ancien du territoire parcouru est composé principalement par des gneiss et des granites, souvent orientés (NE-SW), traversés par un cortège de roches éruptives. Associé à cet ensemble j'ai observé des terrains métamorphiques, formant une bande orientée sensiblement E-W à travers le Gabon septentrional. Ces terrains sont caractérisés par des roches riches en amphibole; ils sont accompagnés de massifs gabbro-dioritiques. Le même complexe parait exister en Guinée Espagnole, au sud du Rio Benito.

Le long du cours moyen de l'Ogooué, les terrains anciens métamorphiques sont représentés par une puissante série de micaschistes, injectés de pegmatite, et par des grès quartziteux micacés. Sur l'Ogooué, leur contact avec les gneiss n'est pas visible; par contre, en allant de Sindara vers le Sud-Est, j'ai trouvé successivement des granites, puis des gneiss souvent amphiboliques et enfin les mêmes micaschistes, sans remarquer la moindre discontinuité entre ces terrains. Il semble donc que ces micaschistes représentent la partie supérieure du complexe métamorphique ancien, le métamorphisme décroissant vers le haut.

Les terrains sédimentaires (formation de l'Ogooué) sont composés de deux séries superposées, qui n'ont jusqu'ici livré aucun reste fossile : la série de Lastoursville, inférieure; la série de Franceville, supérieure. La première est caractérisée par un horizon très constant de schistes charbonneux et de roches calcédonieuses noires. En bordure des Monts de Cristal, à N'Djolé et presque tout le long de la dépression de l'Ogooué, elle est schisteuse et assez puissante. Vers le nord et vers le sud du fleuve, elle s'enrichit fortement en grès et son épaisseur n'est plus ici que de 200^{m} à peine.

Dans la partie orientale du Gabon, la série de Lastoursville est surmontée par des grès feldspathiques, des psammites et des schistes argileux, caractérisés par une couleur rouge persistante (série de Franceville). Aux abords sud du Massif du Chaillu, elle semble être constituée uniquement de psammites argileux rouges qui seraient transgressifs sur le socle ancien.

La structure tectonique de ces deux ensembles est très variable. Dans la Noya, les plis sont dirigés NW et déversés vers le NE. Les efforts orogéniques ont été surtout sensibles aux environs de N'Djolé. Mais ici la direction des plis devient subméridienne avec un déversement est.

Vers l'Est on passe à une zone de transition : le soubassement ancien

rigide est disloqué en écailles imbriquées, qui ont pincé des paquets de la couverture sédimentaire ancienne. Des brèches tectoniques, observées jusqu'au delà de Kankan, démontrent que cette couverture a subi de nombreux décollements, sensibles surtout à la base. Malgré cela, à partir de Booué, la série garde une allure assez tranquille. A Lastoursville il n'y a plus de décollements : le contact avec le soubassement granitique est bien visible au bord du fleuve et il est tout à fait normal. Jusqu'au confluent avec la Sébé, les terrains ne sont que faiblement ondulés. A partir du confluent et jusqu'au delà de Franceville, la série de Lastoursville est à nouveau plissée. Mais, à côté de parties redressées, d'autres ont conservé leur allure subhorizontale. De nombreux filons de dolérite y ont été observés.

Le contact n'est pas visible entre les séries de Lastoursville et de Franceville. En plusieurs endroits pourtant, à côté des terrains de la première, fortement disloqués, ceux de la seconde n'ont que des pendages relativement faibles. D'autre part, la direction des plis de la série de Lastoursville est SE-NW, avec tendance à devenir subméridienne dans les endroits redressés, tandis que les plis de la série supérieure sont généralement orientés ESE-WNW.

On peut en tirer la conclusion que les deux séries sont séparées par une discordance. En outre, aucun pointement de dolérite n'a été observé dans la série de Franceville.

Dans le nord-est de la zone parcourue, j'ai rencontré une série gréseuse, transgressive tantôt sur les granites, tantôt sur les terrains de la série de Lastoursville. Elle se termine vers l'Ouest par une haute falaise, due à une cassure très importante, de direction subméridienne (chaîne des Monts Gréseux). Ces grès sont inclinés vers l'Est (en moyenne 25°).

Dans la Moyenne-Lengoué, les mêmes grès reposent sur des schistes gréseux psammitiques, roses et verdâtres. Dans la région de Pangala, on retrouve ces grès qui, outre leur pendage habituel, sont affectés par des plis Nord 50-60° Est.

L'existence, au-dessous de cette série gréseuse, de schistes psammitiques (Lengoué) fait supposer qu'elle représente la partie supérieure du complexe schisto-psammitique de Franceville, qui serait ainsi composé d'une partie argileuse vers le bas et d'une autre, gréseuse, vers le haut. Les psammites argileux rouges de Kimboto et de Mayama représenteraient alors la partie inférieure des grès de Pangala de M. V. Babet [1].

---

(1) *Observations géologiques dans la partie méridionale de l'A. E. F.*, Paris, 1932.

On est ainsi amené à mettre en parallèle la série de Franceville et les grès supérieurs d'une part, avec la série schisto-gréseuse du Bassin du Niari et du Bas-Congo d'autre part. La série de Lastoursville peut être considérée comme l'équivalent de la série quartzo-schisteuse de M. Babet. La série schisto-calcaire semble absente dans le nord de la colonie.

GÉOLOGIE. — *Au sujet des grandes Lépidocyclines de l'Éocène des Beni-Afeur* (S. de Taher, département de Constantine). Note de MM. **France Ehrmann** et **Jacques Flandrin**, présentée par M. H. Douvillé.

L'un de nous (F. E.), en collaboration avec M. J. Savornin [1], puis seul [2], signalait l'existence de grandes Lépidocyclines à la base des dépôts numidiens de Taher, au sud de Djidjelli.

M. H. Douvillé et Mme Sylvain-David, à l'examen desquels les échantillons récoltés à cette époque avaient été soumis, y avaient reconnu *Nephrolepidina marginata* Michl. et *Eulepidina dilatata* Michl.

La présence de ces Foraminifères, caractéristiques de l'Oligocène supérieur et même du Miocène inférieur, à la base de terrains attribués à l'Éocène supérieur par tous les géologues algériens, posait un problème qui pouvait se résoudre soit par le rajeunissement du Numidien, soit par le recul dans le temps de l'apparition des Lépidocyclines.

Afin de choisir l'une ou l'autre de ces deux solutions, nous avons effectué en juin 1934 une tournée au cours de laquelle nous avons pu relever la coupe suivante.

Au-dessus du Primaire viennent :

I. *Des calcaires zoogènes débutant par place par un conglomérat de transgression.* — Les bancs de base sont ordinairement riches en *Lithotamnium* et chargés de grains de quartz. Les bancs supérieurs un peu plus marneux sont pétris de Foraminifères : *Nephrolepidina præmarginata* R. D., *N. simplex* R. D., *N. Tournoueri* L. et R. D., *N. inflata* I. Provale, *Eulepidina dilatata* Michl., *Eulep.* cf. *formo. soïdes* H. D., *Operculina complanata* Defr., *Heterostegina* sp., *Spiroclypeus granulosus* Boussac, *Pulvinulina* sp.

Ces calcaires, profondément ravinés par les dépôts qui les surmontent, constituent une série de lentilles conservées entre le Primaire et le Numidien.

II. *Conglomérats numidiens, composés de galets provenant du Primaire et des*

---

(1) F. Ehrmann et J. Savernin, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 338).

(2) F. Ehrmann, *B. S. Carte géol. Algérie*, 2e série, II, 1924, p. 135-136, 177 à 181.

calcaires sous-jacents, puissants de 20 *à* 30^m. — A environ 4^m au-dessus de la base, s'intercale un niveau très constant de grès fins et de marnes sableuses, épais d'environ 10^m. Nous y avons trouvé : *Nephrolepidina marginata* Michl., *Eulepidina dilatata* Michl., *Eulep.* cf. *levis* H. D., *Operculina complanata* Defr.

III. Marnes argileuses à niveaux de grès quartziteux et petits bancs calcaires, les uns sublithographiques à Fucoïdes, les autres bréchoïdes à Foraminifères : *Nummulites* cf. *Lucasi* (A.) d'Arch., *N. incrassatus* (A et B) de la H., *N. helveticus* Kaufm., *N. Fabianii* Prever; *Assilina mamillata* d'Arch.; *Discocyclina Pratti* Mich., *Disc.* cf. *Roberti* H. D.

IV. Couronnant la série viennent les « Grès de Numidie » dans lesquels s'intercalent vers le Sud de nombreux bancs de conglomérats.

Nous avons cherché si des phénomènes tectoniques ne permettaient pas d'interpréter cette succession suivant les hypothèses classiques concernant la répartition des Nummulites, Assilines, Orthophragmines et Lépidocyclines.

Nous avons dû renoncer à une telle explication. Le Nummulitique de Taher est conservé dans un bassin parfaitement tranquille, à peine plissé, qui s'appuie sur le massif primaire des Beni-Afeur. De plus, il serait difficile de concevoir des nappes ou écailles dont la surface de base serait toujours constituée par un conglomérat de transgression.

L'hypothèse d'un bouleversement tectonique étant écartée, il est possible, soit d'attribuer un âge oligocène à la série de Taher en admettant la persistance des Nummulites, Assilines et Orthophragmines du niveau III dans l'Oligocène, soit d'attribuer à l'Éocène les différents niveaux représentés dans notre coupe en admettant l'existence des Lépidocyclines à cette époque.

Théoriquement la première hypothèse paraît plus satisfaisante. Il nous est cependant impossible de l'admettre dans le cas qui nous intéresse.

Le Numidien de Taher est trop dépendant de celui de toute la Kabylie, par son faciès, sa situation, l'existence de niveaux à petites Nummulites, Assilines et Orthophragmines, pour pouvoir en être séparé. Si on lui attribuait un âge oligocène, il faudrait rajeunir tout le Numidien de Kabylie et même celui de toute l'Algérie. Trop d'arguments, impossibles à développer ici, s'opposent à cette hypothèse.

Dans ces conditions, il convient d'admettre l'existence des Lépidocyclines dès l'Éocène.

La faune du niveau III étant bien caractéristique, pour l'Algérie, du sommet de l'Éocène supérieur, il est possible de ranger les conglomérats Numidiens dans le Priabonien.

Plus délicate est l'attribution d'un âge aux calcaires du niveau I. Étant donné leur faciès, étant donné surtout que ces calcaires sont entièrement ravinés par les conglomérats Numidiens, nous serions tentés de les ranger à la partie supérieure de l'Éocène moyen. En l'absence d'arguments paléontologiques nous ne pouvons émettre cette opinion que sous forme d'hypothèse. Il convient de rappeler à ce sujet que des faits semblables ont été signalés en Sicile et dans l'Italie du Sud par M. Checchia-Rispoli et l'École de Palerme.

Quoi qu'il en soit, les faits observés dans la région de Taher permettent de conclure que, tout au moins en Algérie, les Lépidocyclines existeraient dès l'Éocène supérieur et même peut-être dès l'Éocène moyen.

Ces Lépidocyclines, présentant par leur taille des caractères très évolués (certaines *Eulep. dilatata* dépassent 3^{cm} dans le niveau I et 5^{cm} dans le niveau III), il paraît nécessaire de rechercher l'origine de ce groupe dans des terrains encore plus anciens.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Lias à Rhynchonellina dans le Rif espagnol.* Note [1] de MM. **Paul Fallot** et **Gonzague Dubar**, présentée par M. Ch. Jacob.

La chaîne calcaire du Rif espagnol, si pauvre en niveaux fossilifères, offre toutefois divers gisements de Brachiopodes silicifiés, souvent écrasés. Minutieusement étudiés au Laboratoire de Géologie de l'Université libre de Lille, ces organismes se sont trouvés appartenir au genre *Rhynchonellina*.

D'observations faites partiellement en commun sur le terrain, il résulte qu'ils apparaissent aussi bien dans la série basale, supposée autochtone, que dans des masses chevauchantes [2].

A. *Série basale.* — Vers Abxtal, au pied nord-est du Dj. Kelti, des calcaires sans doute liasiques affleurent sous le Nummulitique en une série d'ondulations déversées au Nord. Des formations marno-calcaires, à passées détritiques réalisant localement de vrais poudingues, sont en contact avec les calcaires par des failles qui empêchent de certifier qu'elles leur sont subordonnées. Ces marno-calcaires et surtout leurs passées détritiques sont pétris de Brachiopodes, soit à l'Est d'Abxtal (sentier de Xalurad), soit au Nord dans le versant qui s'abaisse vers Imelhia.

---

(1) Séance du 2 janvier 1935.

(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 871 (voir schéma p. 872).

On note là : *Rhynchonellina bilobata* Gem., *Rh.* cf. *Geyeri* Bittn., quelques individus de *Rh. Hoffmanni* Boeck. et de *Rh. Brusinai* Eichend.

A 20km au Sud-Est, les escarpements entre Isilane et l'O. Farda montrent à nouveau des assises à Rhynchonellines. Elles sont séparées du puissant complexe dolomitique qui forme la base du Secondaire par des calcaires lités, qu'on peut attribuer en partie au Rhétien, et s'associent de près à des calcaires auxquels un réseau dolomitique mis en relief par la corrosion donne une surface creusée d'alvéoles.

Dans le massif du Dj. Lexchab 10km plus au Sud-Est encore, la coupe du Dj. Taglisa montre ces « calcaires alvéolaires » directement superposés à du Rhétien daté et subordonnés à un niveau réalisant le type du Lias détritique à Rhynchonellines, mais où l'on n'a pas encore trouvé de traces certaines de ce fossile.

B. *Série charriée.* — *a.* L'arête du Dj. Tidufal estformée d'une série dont la base dolomitique repose au Nord-Est, par contact anormal, sur le Flysch nummulitique d'Izurafen. Sur les dolomies viennent des calcaires lités à débris de Bivalves, probablement rhétiens, puis des calcaires en gros bancs. La série est couronnée par des calcaires marneux à passées détritiques, associés à des calcaires massifs à débris de silex, ensemble qui se retrouve en divers points du versant Sud-Ouest de l'arête où il pend au Sud-Ouest. Sa faune comporte *Rh.* cf. *Hoffmanni* Böse, *Rh.* cf. *Fuggeri* Frausche ou *Paronai* Böse.

b. Le massif de Dj. Xauen est formé de très puissantes dolomies (± 1400m) auxquelles fait suite un complexe calcaire. Celui-ci, dans la crête de la cote 1825 dominant la maison de Bu Charta, nous a fourni des conglomérats à *Rhynchonellina*, contre lesquels vient se coller du poudingue lutétien sous un aspect tout à fait semblable. Plus au Sud-Ouest, la couverture calcaire des dolomies comporte dans le Dj. Kelaa des bancs à *Rhynchonellina*, que nous n'avons pas pu retrouver en place, mais dont l'existence est prouvée par les éboulis.

c. Une masse charriée — sans doute fragment de pli couché — constitue l'arête du Dj. Amesif et repose sur cette série du Dj. Xauen, dont elle est séparée par du Flysch nummulitique écrasé.

Elle comporte au contact du Flysch des lumachelles noires à *Rhynchonellina Brusinai* Eichenb. in Böse, puis 8 à 12m. de calcaires cristallins pétris de *Rh. Hoffmanni* Bœck., *Rh.* cf. *Fuggeri* Frausch, *Rh. Geyeri* Bittn., *Rh. bilobata* Gemm. Le Rhétien à *Avicula contorta* termine cette série renversée. Latéralement, mais dans des positions ambiguës, appa-

raissent des calcaires noduleux roses, stériles ici, mais identiques à ceux qui, vers Ben Karritch, contiennent des Ammonites du Sinémurien alpin.

Ainsi les couches à Rhynchonellines connues dans cette chaîne sur un front de 30^{km} et une largeur égale occupent sans doute partout la même position stratigraphique; elles sont certainement plus récentes que le Rhétien, mais l'absence de profil complet ou d'autres éléments fauniques ne permet pas encore de préciser si elles sont hettangiennes, comme il semble, ou du Lias inférieur.

Le genre *Rhynchonellina*, apparu au Trias supérieur dans les calcaires du Dachstein, était connu pour s'être propagé au Lias dans le domaine alpino-dinarique (Hierlatz, Forêt de Bakony, Dalmatie, Tyrol, Alpes lombardes, Sicile du Nord; un seul gisement en Asie Mineure). Il a donc dépassé les étroites limites qu'on lui assignait, atteignant le Rif espagnol et même, au Domérien, la région de Moulay Idriss, d'après les observations de l'un de nous (G. D.).

Alors que les Rhétiens du Rif espagnol et du Pénibétique sont de même type, l'aire de répartition des Rhynchonellines ne semble pas avoir atteint l'Andalousie, fait d'autant plus notable qu'au Lias moyen les zones sub et pénibétique vont être caractérisées par des faciès d'affinités italiennes et siciliennes.

Les gisements de Rhynchonellines sont souvent, tels ceux du Rif, des accumulations de coquilles qui semblent exclure les autres fossiles. Aussi leur âge reste-t-il imprécis; les gîtes de Palerme, les plus proches du Rif, sont compris entre la dolomie triasique et le Lias moyen daté.

Sans préjudice de l'étude paléontologique détaillée qui sera donnée ultérieurement, il importait dès maintenant de relever l'extension de ces formes à l'extrémité de la Méditerranée occidentale et leur abondance dans la dorsale calcaire du Rif. Elles indiquent, à l'aube du Lias, d'étroites relations fauniques et paléogéographiques entre cette chaîne et le sillon nord sicilien et dinarique de la Thétys secondaire.

GÉOLOGIE. — *La transgression nummulitique dans les Alpes de Provence.* Note de M. **Albert-F. de Lapparent**, présentée par M. Ch. Jacob.

Dans la vallée du Var en amont de Puget-Théniers, J. Boussac (¹) a pu suivre la transgression vers l'Ouest de l'Auversien, puis du Priabonien. Le même auteur (*op. cit.*, Chap. V) a assigné un âge lattorfien au Nummulitique de Castellane. Dans les hautes régions qui séparent Puget-Théniers de Castellane, des synclinaux contenant du Nummulitique se répartissent entre des plis alpins généralement poussés vers le Sud. Le grand synclinal est-ouest, qui s'étend de La Penne jusqu'au Nord de Soleilhas, est à peine interrompu, à Briançonnet, par suite d'un relèvement d'axe; au delà, les affleurements de Teillon et de La Lagne conduisent jusqu'à Castellane. Deux niveaux très constants se retrouvent sur cette longueur de 40^{km} environ : à la base, des calcaires à Nummulites entre La Penne et Briançonnet, sont remplacés ensuite par des grès à Végétaux et Nummulites, que l'on voit passer finalement aux grès de Castellane; au-dessus, un faciès de marnes bleues persiste sur toute cette distance. Or l'étude de la faune de ces niveaux m'a permis de suivre avec une progression et une continuité particulièrement intéressantes la transgression nummulitique.

J'indiquerai ici les points essentiels, de l'Est vers l'Ouest :

1° Au flanc Nord du grand synclinal, tandis qu'à La Penne le calcaire de base contient *Nummulites perforatus* et *N. striatus*, à Saint-Pierre, il renferme seulement *N. striatus;* à La Rochette, *N. Garnieri* est abondante dès la base, et *N. striatus* se fait plus rare. Ainsi, comme dans la vallée du Var, le Priabonien succède à l'Auversien.

2° Au flanc Sud, au Pont des Miolans, la barre calcaire contenant à la base *N. striatus*, et au sommet *N. Garnieri*, serait du Priabonien inférieur; les marnes bleues à *N. Garnieri, N. Fabianii, Orthophragmina, Serpula spirulea*, représenteraient le Priabonien supérieur. Ici, à 3^{km},5 au Sud de La Penne, on trouve déjà le Priabonien à la base.

3° A Amirat, *N. striatus* a disparu; dès la base, les calcaires sont pétris de *N. Garnieri*, et les marnes renferment *N. Garnieri, N. Fabianii, Orthophragnima, Crassatella Doncieuxi,* etc. Enfin, juste avant Briançonnet, le niveau inférieur, de plus en plus gréseux, contenant dès la base *N. Garnieri* et *N. Fabianii*, est encore priabonien.

4° Au delà de Briançonnet, dans les grès de base on trouve seulement *N. incras-*

(¹) *Études stratig. sur le Nummulitique alpin* (*Mém. Carte géol. de la France*, 1912, p. 95-98).

satus; dans les marnes bleues, les Orthophragmines ont disparu; par contre on y voit apparaître une nouvelle faune de Mollusques. Un point très fossilifère au nord de Soleilhas m'a fourni : *Cardita Astieri, Thracia Canavarii*, *Glycymeris Heberti*, *Gl. indigena*, *Dentalium hœringense*, *Voluta Rathieri*, *Pleurotoma Lugeoni*, *Pl. Kiliani*, etc. L'analogie avec les gisements de Castellane et Taulanne est frappante, tandis que la différence avec la faune des marnes bleues d'Amirat et du Pont des Miolans n'est pas moins évidente.

5° A 1^{km},5 au Nord de ce gisement, près du col 1390, un calcaire pétris de *N. Fabianii* est priabonien. Au Sud au contraire, l'affleurement de Soleilhas, constitué par des grès et marnes à *N. incrassatus*, *Lima* cf. *tirolensis*, *Ostrea gigantica*, *Cardita Astieri*, etc., est lattorfien.

6° Sur le flanc occidental de la Montagne de Teillon, les marnes bleues contiennent la faune de 4°. Elles reposent, non pas sur les marnes noires du Cénomanien, comme l'indique la carte géologique au 80000e, mais, par l'intermédiaire de bancs gréseux, sur des marnes bleues à Cérithes. Un certain nombre d'exemplaires, mieux conservés que ceux de Brayals, près Castellane, étudiés par J. Boussac (*op. cit.*, p. 161), m'ont permis d'y reconnaître *Cerithium Vivarii* Oppenh. typique, et *C. plicatum* Brug. mut. *Galeottii* Nyst; ces deux formes oligocènes, seules présentes ici, se distinguent bien de leurs mutations priaboniennes que l'on trouve à Castéou d'Infer et à Branchaï.

7° A La Lagne, enfin, existe un lambeau de grès à *N. incrassatus*.

Ces faits conduisent aux conclusions suivantes :

L'Auversien à *N. perforatus* et *N. striatus* atteint, vers l'Ouest, La Penne et Entrevaux; le Priabonien inférieur ou Bartonien, à *N. striatus* et *N. Garnieri*, disparaît avant Amirat; la limite occidentale du Priabonien supérieur ou Ludien, à *N. Garnieri* et *N. Fabianii*, est indiquée par les affleurements de Briançonnet, du col 1390, et d'Allons. Au delà, s'étend le Lattorfien à *N. incrassatus*. On pourrait peut-être contester la valeur stratigraphique de certaines de ces Nummulites, si elles se rencontraient simplement « en nid », en des points éloignés, et seulement dans des faciès différents; mais ici nous avons pu suivre de proche en proche la disparition successive de *N. perforatus*, puis de *N. striatus*, puis des espèces essentiellement priaboniennes, *N. Garnieri* et *N. Fabianii*, alors que nous les trouvions présentes indifféremment dans les calcaires, dans les grès, et dans les marnes. En même temps, nous avons assisté à la disparition des Orthophragmines dans les marnes bleues, *le faciès demeurant constant*, au moment où une nouvelle faune de Mollusques, à caractère oligocène, y faisait son apparition.

La mer lattorfienne s'arrêtait contre les crêtes émergées de Teillon, Destourbes, Pré-Chauvin. Au Sud de ces montagnes, en effet, on trouve seulement le Lutétien lacustre, de telle façon que le Nummulitique alpin,

marin, et l'Éocène provençal, lacustre, semblent s'exclure dans toute cette région.

Le fait nouveau que, dans le synclinorium de l'Estéron, la mer s'est avancée vers le Sud en même temps que vers l'Ouest, m'amène à modifier partiellement, pour cette région, les reconstitutions paléogéographiques de J. Boussac (*op. cit.*, pl. XII, XVI et XVIII). L'ensemble du Cheiron, en effet, quelle que soit par ailleurs sa structure, a dû rester émergé pendant tout le Nummulitique. La mer contournait ce massif à l'Est et au Sud, par Roquestéron, Gilette, Vence, Saint-Vallier. La présence du Lutétien et de l'Oligocène lacustres à La Roque-Esclapon nous indique, d'autre part, que le golfe de Saint-Vallier se fermait à l'Ouest vers la vallée de la Siagne, et ne communiquait point par là avec le golfe de Castellane ouvert au Nord-Est.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte des couches à* Cardita Beaumonti *au Gabon* (*Afrique équatoriale française*). Note de M. **Daniel Schneegans**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au Nord de l'embouchure de la lagune d'Iguéla, la côte est constituée par des couches silicifiées, objet d'une étude pétrographique de M. R. Furon [1]. L'âge de ces terrains est encore douteux. Cependant MM. Haas et Emelianoff ont observé des phénomènes de silicification tout à fait analogues dans les assises terminales de la série de Pointe Komandji, qui, elle, est nettement datée du Santonien inférieur par de belles faunes d'Inocérames et par des *Mortoniceras* du groupe de *M. texanum*. Nous pouvons donc admettre que les couches silicifiées affleurant entre les lagunes de Fernan Vaz et d'Iguéla représentent un des termes supérieurs du Santonien. Le Campanien est inconnu jusqu'à présent parmi les sédiments du Gabon, tandis qu'il est bien représenté dans le Bassin du Moyen-Congo. Peut-être, au Gabon, y a-il eu une émersion durant laquelle se sont élaborés les gels de silice imprégnant les assises santoniennes. Au-dessus de ces dernières, M. Emelianoff a observé des grès grossiers à éléments siliceux roulés et à ciment calcaire, dans lesquels, à l'embouchure de la lagune d'Iguéla, il a trouvé des fossiles assez mal

(1) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e série, 2, v-vii, 1932, p. 505.

conservés, parmi lesquels cependant j'ai pu reconnaître plusieurs formes du groupe de *Cardita Beaumonti* d'Arch. (détermination vérifiée par M. Douvillé). Partout où on les rencontre, celles-ci caractérisent la partie terminale du Crétacé (Maestrichtien et Danien). L'affleurement fossilifère présente une épaisseur visible de 4^m. Les calcaires crayeux à débris roulés de Gastéropodes et de Lamelli-branches, trouvés par M. Emelianoff au débarcadère de Coga sur la rive nord-est de la lagune d'Iguéla, sont probablement supérieurs à ces grès à *Cardita*. Ils ont fourni un fragment de moule externe d'une Cardite à côtes tripartites. La liaison avec le complexe marno-sableux du bassin du Rembo N'Komi, probablement d'âge tertiaire, est par contre entièrement inconnue.

Jusqu'à présent les couches à *Cardita Beaumonti*, connues en Angola, au Cameroun et en Nigéria, n'avaient pas été signalées au Gabon. M. L. Riedel (²) a décrit *Cardita Beaumonti* parmi les matériaux du Cameroun recueillis par Guillemain en aval de Balangui, sur les bords du fleuve Moungo. Le complexe sénonien, qui a livré cette espèce et dans lequel on n'a jusqu'à présent pas réussi à établir des coupures stratigraphiques, supporte des tufs basaltiques contenant des restes de plantes dicotylédones, eux-mêmes recouverts par une coulée de laves basaltiques. Ainsi une rupture de sédimentation s'est produite là, après le Crétacé supérieur, rupture marquée par une émersion et par le déclenchement d'une activité volcanique

Dans le Sud-Est de la Nigéria, les sédiments contenant, à Enugou, *Cardita Beaumonti* (²) représentent un épisode marin de courte durée au milieu d'une sédimentation essentiellement deltaïque. Le groupe des « Upper shales », qui marque d'après les géologues anglais le passage du Crétacé à l'Éocène, contient en effet des argiles sableuses avec des niveaux à plantes, des calcaires d'eau douce et des lignites.

Rien ne prouve qu'il y a eu communication au Maestrichtien et au Danien entre le bras de mer qui baignait le Nord-Ouest de la Nigeria, le Soudan ainsi que le Sud du territoire du Niger et l'océan Atlantique. Tout au contraire, ces deux aires marines ont dû être séparées par une

---

(¹) *Beitr. z. geol. Erforschung der deutschen Schutzgebiete.* **16**, 1932, p. 47.

(²) A. D. N. Bain, *Geol. Survey of Nigeria.*, *Bull.* n° 6, 1924. *Appendice* 1 by R. Bullen Newton, p. 64.

terre émergée soumise à une dénudation active. Au Nord de la Nigéria, à savoir au Soudan et dans le territoire du Niger, le régime marin est continu du Crétacé à l'Éocène et n'est guère troublé par la régression danienne, tandis que sur la côte atlantique le passage entre ces deux étages est marqué par une tendance générale à l'émersion du bloc africain continental.

TECTONIQUE. — *La structure des monts et la position tectonique des bauxites aux flancs du Parnasse (Grèce).* Note de **M. JACQUES DE LAPPARENT**, présentée par M. L. Cayeux.

Les terrains parmi lesquels on voit, en Grèce, les bauxites comportent, dans la région du Parnasse : au mur du minerai, des calcaires jurassiques, parfois surmontés d'un manteau d'Urgonien, superposés à des dolomies; au toit, des calcaires sénoniens à Hippurites qui supportent des calcaires à Rosalines d'âge maestrichtien. Au-dessus des calcaires à Rosalines, se tient la masse des schistes rouges d'âge danien qui passent aux grès verdâtres du flysch éocène ([1]).

La plasticité relative des schistes rouges et du flysch s'opposant à la dureté des masses calcaires a commandé l'allure tectonique de la région. Les schistes rouges et le flysch sont pincés en synclinaux restant, tectoniquement, *en arrière*, tandis que les masses calcaires, s'avançant en anticlinaux, les chevauchent. Des entités structurales ont pris naissance, qui donnent au paysage son caractère actuel et qui tirent leur importance de la célébrité des lieux où on les peut observer.

1. *Le synclinal couché du Col de Gravia.* — Sur la route d'Amphissa à Gravia, on rencontre, en montant au Col de Gravia et en en descendant, l'affleurement des terrains d'un grand pli couché synclinal à noyau de schistes rouges qui pend au Nord-Est et dont le flanc inverse, renversé, monte au Sud-Ouest, sous un angle de 30° environ, au-dessus de Segditsa, village des contreforts du Khiona.

La masse des calcaires qui tiennent les bauxites de Variani s'avance en anticlinal sur ce pli, mais elle est elle-même située sous des schistes rouges qui portent à leur tour des calcaires plus anciens; de sorte qu'en ces prémonts à l'ouest des sommets du Parnasse on enregistre l'existence d'une

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1162 et 1620.

surface supérieure de *thrust* sous laquelle des synclinaux et des anticlinaux ont joué l'un contre l'autre.

C'est dans la zone tectonique du flanc normal du synclinal de Gravia que se placent les gîtes de bauxite de Rothia.

2. *Le renversement de Delphes.* — Nous relions à la zone de Rothia les gîtes de Koutzourou et de Kofinas, mais nous faisons aussi dépendre de la même zone les gîtes d'Haghia Anna dans la vallée de Kolovates qui cependant se relient eux-mêmes aux gîtes de Variani. C'est que, dans la vallée de Kolovates, le synclinal du Col de Gravia s'est éteint et que, seul subsiste le recouvrement dû au *thrust* supérieur. Mais dans la vallée de Kastri-Delphes-Arakhova, au Sud-Est, un nouveau synclinal couché jusqu'au déversement fait le relais, au même horizon tectonique, du synclinal de Gravia.

Effectivement, à Delphes même on constate, au site célèbre, au pied des Phaedriades, l'inversion des couches qui montre, au-dessus des schistes rouges du fond de la vallée, les calcaires à Rosalines sur lesquels est établi le *temenos* d'Apollon (ils ont servi de substructure aux monuments antiques et constituent les dalles qui, dans les murs de soutènement, forment ce qu'on a nommé l'appareil polygonal à angles mousses). Au-dessus des calcaires à Rosalines on voit les calcaires à Hippurites : le renversement est manifeste. La fontaine Castalie sourd au contact des calcaires et des schistes. Elle donne la preuve de la continuité du recouvrement sous la montagne, vers le Nord.

La vallée de Delphes qui monte vers l'Est est, pour une certaine distance, une fenêtre percée par érosion dans un anticlinal couché qui surmonte le synclinal et dont le front affleure au Sud en couches très redressées.

3. *L'écaille de Desphina.* — Une longue montagne, à profil mou, allongée d'Ouest en Est et dont l'altitude atteint 1276ᵐ, isole la vallée de Kastri-Delphes-Arakhova de la dépression qu'emprunte le chemin muletier qui conduit de Desphina à Distomo.

Desphina est établie au pied d'une colline de Crétacé supérieur sur laquelle est plaquée une écaille de dolomie jurassique plongeant vers le Nord. L'écaille repose sur les schistes rouges, eux-mêmes superposés normalement aux calcaires à Rosalines; elle supporte sur sa pente nord des calcaires jurassiques. La montagne à profil mou nous a paru constituée par les mêmes terrains que ceux sur lesquels repose l'écaille, aussi jugeons-nous de cette dernière comme d'un lambeau, en recouvrement, issu de la surface de *thrust* supérieure du Parnasse.

Dans le pays au Sud gisent des bauxites dont les couches sont parfois renversées (Prosorema). Elles sont de la zone tectonique de Rothia, dans une masse de terrains autochtones très plissés. Mais il n'y a pas de bauxites sur le Jurassique de l'écaille de Desphina; ce qui devrait être si l'on voulait imaginer l'enracinement de celle-ci, l'érosion n'ayant pas dû en ce cas supprimer leur niveau.

On trouve vite à l'Est la limite de l'écaille de Desphina; mais, quand on chemine vers Distomo et que l'on atteint, après le monastère d'Haghios Joannis, le col de Platyforias on voit les schistes rouges surmontant les calcaires à Rosalines et surmontés par eux affirmer un synclinal à flanc renversé, de pendage nord, que vient recouvrir la dolomie jurassique; et c'est dans la masse dolomitique que l'on descend vers Distomo.

Nous ne savons pas quel rapport tectonique existe entre le recouvrement de Platyforias et l'écaille de Desphina. Et d'ailleurs, quand, plus à l'Est, on suit la route de Distomo à Levadia et que l'on se trouve, avant d'atteindre le col, dans le flysch éocène, on voit sur ce flysch un lambeau de dolomie supportant un conglomérat crétacé. C'est la dernière des écailles qu'on puisse rattacher au Parnasse mais sans possibilité, encore, de précision sur son horizon tectonique.

Enfin nous savons par les itinéraires de Renz (1) qu'il existe des bauxites au sommet du Parnasse et que les calcaires qui les comprennent comportent, à leur base, la dolomie. Nous faisons de cet horizon supérieur la zone tectonique dont dépend l'écaille de Desphina et nous interprétons les schistes rouges d'Ano-Agoriani comme le sol sur lequel repose, en recouvrement, la dolomie.

GÉOCHIMIE. — *Sur l'origine de l'hélium des gaz naturels : Relation entre la richesse en hélium et la richesse en lithium de certaines sources hydrominérales chlorurées sodiques.* Note de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. L. Cayeux.

1. Au cours d'un Mémoire inédit (Académie de Médecine, prix Capuron, 1922) nous avons signalé que les gaz spontanés des sources hydrominérales semblent être d'autant plus riches en hélium que les eaux de ces sources sont plus riches en lithium. Nos recherches récentes

(1) *Neues Jahrbuch f. Min. Geol. Pal.*, 43, 1920, p. 74 et suiv.

(plusieurs effectuées avec le concours de M. Geslin) permettent de préciser cette curieuse relation.

2. Nous avons réuni dans le tableau suivant les sources dont les gaz spontanés sont les plus riches en hélium. La richesse en hélium est définie par le titre (pour 100 en volumes) en hélium de l'azote brut (azote + gaz rares) (¹), ici très voisin de celui du gaz brut. Nous indiquons, en outre, d'après les analyses (souvent anciennes et plus ou moins précises) (²), la radioactivité des gaz (millimicrocuries de radon par litre de gaz, à 0° et 760^{mm}, à l'émergence) ainsi que la richesse de l'eau en chlorure de sodium (grammes par litre) et en lithium (milligrammes par litre).

	Eau minérale.		Gaz spontanés.			
Station et source.	NaCl (g/l).	Li (mg/l).	Radon (10^{-9} curie par litre).	N^2 brut (%).	Hélium (%).	Hélium (% N^2 brut).
Santenay (Côte-d'Or), s. Lithium......	5,594	14,4	3,54	96,70	10,16	10,51
» s. Santana......	5,178	15,0	–	98,23	10,31	10,50
» s. Carnot.......	5,504	15,3	4,94	96,73	9,97	10,31
» Fontaine Salée..	5,231	14,3	3,36	96,97	8,40	8,66
Maizières (Côte-d'Or), s. n° 3.........	–	–	71,3	98,81	8,61	8,71
» s. n° 2.........	–	–	66,5	97,38	8,05	8,27
» s. Romaine.....	5,464	24,4	45,3	96,92	7,44	7,68
Pouillenay (Côte-d'Or), s. Champ-Salin.	4,971	–	–	98,45	7,70	7,82
Bourbonne-les-B. (Hte-Marne), s. n° 13..	5,203	13,5	88	96,40	4,86	5,05
Moyeuvre (Moselle), s. Pérotin........	19,041	28,1	2,06	96,16	3,29	3,42
Sierck (Moselle), s. Saint-Jérôme......	7,997	6	–	97,02	3,30	3,40
Saint-Gervais (Hte-Savoie), s. sulfureuse.	1,752	8,8	10,6	96,85	2,91	3,00
Dürkheim (Allemagne), Maxquelle.....	12,70	6,47	2,8	65	1,8 (³)	2,47
Amiens (Somme), forage Causserat.....	13,664	1,26	0,22	95,17	2,35	2,46

3. *a*. On voit que les sources les plus riches en hélium sont les *sources chlorurées sodiques les plus riches en lithium*. Ces eaux ont acquis leur minéralisation dans les marnes et argiles salifères des terrains triasiques (formations lagunaires) (⁴).

b. Il n'existe, pour ces sources, aucune relation entre l'hélium et la

---

(¹) A. Lepape, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1643.

(²) L'abondante bibliographie relative aux multiples données utilisées dans la présente Note sera publiée dans un autre Recueil.

(³) E. v. Angerer et H. Funk, *Z. phys. Chem.*, 20 B, 1933, p. 368.

(⁴) *a*. A la source Gontard-de-Mey, de Saint-Gervais, dépourvue de gaz spontanés (septembre 1925), l'eau est plus riche en Li et He *dissous* (12^{mg},9 Li et 0$^{cm^3}$,223 He par litre) que l'eau de la source sulfureuse (8^{mg},8 Li et 0$^{cm^3}$,195 He par litre).

b. L'origine de l'eau salée du forage d'Amiens (analyse de Mlle Muchemblé, Institut

radioactivité (radon, radium, thorium), d'ailleurs le plus souvent banale.

c. Les autres sources salées triasiques, plus ou moins riches en NaCl, mais moins riches en lithium, sont aussi plus pauvres en hélium (Salies-de-Béarn, Uriage, Brides, Salins-Moutiers, Balaruc, Decize, Niederbronn, etc.) (1).

d. Les sources chlorurées sodiques issues des terrains tertiaires, quelle que soit leur richesse en lithium ou en radioéléments, sont pauvres en hélium (forage d'Heidelberg, eaux salées pétrolifères de Salsomaggiore et de la région du Caucase) (2).

e. Dans toutes ces sources exceptionnellement riches en hélium, *le lithium est accompagné de rubidium et de cæsium, en proportions également importantes* (3).

f. On doit admettre que les eaux minérales chlorurées sodiques empruntent directement leurs éléments alcalins rares (Li, Rb, Cs) aux marnes et argiles salifères, et non, comme on le suppose habituellement, aux roches granitiques voisines de leur émergence. En effet, de nombreux auteurs (Rithausen, 1867; Truchot, 1874; Hilger, 1875; Dieulafait, 1879; Hartley, 1907; Brun, 1917) ont établi que le lithium est relativement abondant dans les boues des marais salants, les marnes, les argiles et les schistes. D'ailleurs le lithium (0,2 mg/l, Marchand, 1846; 0,1 mg/l, Thomas, 1932; 0,17 mg/l, Tchakirian, communication personnelle, 1934) et le rubidium existent dans l'eau de mer, où la présence du cæsium n'a pas encore été confirmée, mais ne saurait être douteuse.

Pasteur de Lille, 1934) n'est pas connue avec certitude. Rencontrée à la profondeur de 510^{m}, dans le Jurassique, cette source peut fort bien provenir de terrains plus anciens.

(1) Les sources du Trias vosgien minéralisées dans l'étage inférieur du Muschelkalk (Bourbonne, Moyeuvre, Sierck) sont riches en NaCl, Li et He; celles qui doivent leur minéralisation à l'étage supérieur de ce même terrain (Vittel, Contrexéville) sont très pauvres en NaCl, Li et He (analyses de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie, 1935).

(2) De même, les sources bicarbonatées sodiques d'Auvergne relativement riches en lithium sont pauvres en hélium (Vichy-s.-Chomel : 4^{mg},2 Li par l; 0,46 pour 100 He dans N^2 brut).

(3) A Bourbonne, Willm (1894) a dosé 9^{mg} de RbCl + CsCl par litre; à Dürkheim, L. Fresenius (1931) a trouvé 1^{mg},1 Rb et 0^{mg},8 Cs par litre d'eau. Dans les eaux de Santenay, Maizières, Pouillenay, P. Robin (1933) a caractérisé facilement Rb et Cs sur 2 à 3 litres d'eau. A l'aide d'une méthode spectrographique très sensible, R. Bossuet (1934) n'a pu, au contraire, déceler Cs dans les eaux de Vittel et de Contrexéville.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la formule de l'indice d'aridité.*
Note de M. **Em. de Martonne** et Mme **Fayol**.

Il y a huit ans que l'un de nous [1] a proposé une formule climatologique appelée indice d'aridité, fonction de la température (T) et des précipitations (P) de la forme $I = P:(T+10)$ pour la moyenne annuelle et $i = 12P:(T+10)$ pour les moyennes mensuelles.

Cette proposition paraît avoir éveillé l'attention. Des cartes de l'indice d'aridité ont été dressées non seulement pour la France (Mme Fayol), mais pour un grand nombre de pays européens : Allemagne par Reichel, Italie par Mme Fayol, Roumanie par Otetelisanu, Portugal par A. de Carvalho, Espagne par M. Sorre, Suède par A. Walen; et pour divers pays exotiques : Tunisie par Ginestous, Mexique par R. Filati, Argentine et Chili par Em. de Martonne, États-Unis par Mme Fayol. On a signalé des cas où la formule ne rendait pas bien compte de certains contrastes et l'on a proposé d'y apporter certaines modifications. H. Perrin en a exposé une qui permettrait d'étudier spécialement les rapports du climat avec la végétation forestière [2].

Nous avons recherché un perfectionnement de notre formule, qui ne lui enlève pas un de ses principaux avantages, celui de la simplicité, et qui n'y introduise pas la considération de phénomènes mesurés seulement dans un nombre limité de stations météorologiques; et, pour en éprouver la valeur, nous avons dressé autant de cartes de France que de formules.

Le nombre de jours de pluie est susceptible de différencier des climats pour lesquels la première formule proposée (que nous appellerons formule A) donne des valeurs trop rapprochées (par exemple Paris 28, Marseille 24, Alger 27, Jérusalem 25), en introduisant, comme facteur, une fraction J/Jm, dans laquelle J représente le nombre de jours de pluie de la station et Jm la moyenne dans la région à laquelle elle appartient.

Formule B :

$$I = \frac{P \times J}{(T+10)Jm}.$$

Reichel a appliqué cette formule à l'Allemagne en calculant Jm pour

---

(1) Em. de Martonne, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1395.
(2) H. Perrin, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1271.

tout le pays en bloc. En France, où la diversité des climats est plus grande, les contrastes se trouvent exagérés à l'excès comme le montrent les cartes (les chiffres ci-dessous en donnent une idée) :

	Paris.	Brest.	Toulouse.	Marseille.	Perpignan.
A	28	37	29	24	29
B	34	54	27	15	15

J*m* ne saurait être calculé pour un État s'il est assez étendu. On peut espérer de meilleurs résultats en calculant une valeur Jm_φ fonction de la latitude, à condition de distinguer dans chaque fuseau continental le bord Ouest et le bord Est.

Formule C :

$$I = \frac{P \times J}{(T + 10) J m_\varphi}.$$

Nous avons calculé Jm_φ de degré en degré pour un fuseau de l'Ancien Monde comprenant les Iles Britanniques, la Belgique, la France, l'Italie, la Tunisie et l'Afrique occidentale française. Les valeurs obtenues sont, par elles-mêmes, intéressantes; les voici, de la zone 7 à 8° à la zone 57 à 58° :

106	100	94	88	82	66	56	46	36	22	18	14	10	5	3	2	1
0	5	10	15	20	25	36	48	60	72	84	87	91	94	98	102	106
110	115	119	124	136	148	160	172	185	189	194	198	203	208			

La carte montre l'amélioration obtenue (chiffres pour les mêmes stations) :

A	28	37	29	24	22
B	34	54	27	15	15
C	32	52	33	18	19

Il est possible de chercher dans une autre voie la différenciation des climats suivant le degré d'aridité. En mettant côte à côte les cartes dressées suivant la formule A pour l'année et pour le mois où l'Indice est le plus bas, on voit cette différenciation apparaître; dans le cas de la France la région méditerranéenne se distingue nettement. Cette constatation invite à combiner I moyenne annuelle avec *i* moyenne du mois le plus aride; et, après plusieurs essais, il est apparu que la combinaison la meilleure était aussi la plus simple, c'est-à-dire la moyenne arithmétique $(I + i) : 2$.

La comparaison de la carte établie suivant cette formule D avec celle de la formule A est significative (mêmes stations à titre d'exemple) :

A	28	37	29	24	22
D	25	29	22	15	15

Les résultats sont encore plus satisfaisants si les valeurs I et *i* sont obtenues par la formule C (chiffres des mêmes stations ci-dessous) :

E	28	39	25	10	14

La formule E est encore assez simple, n'utilisant que des valeurs de phénomènes observés dans un grand nombre de stations.

On ne saurait cependant dissimuler que la notation du nombre de jours de pluie n'est pas faite partout suivant les mêmes principes; en sorte qu'une application à une carte mondiale reste impossible, à moins d'établir des coefficients de réduction, bien difficiles à déterminer. Il est d'autant plus intéressant de remarquer que la formule D donne, par elle-même, une différenciation assez satisfaisante, comme le montrent les chiffres suivants calculés pour des stations choisies parmi des climats d'aridité réellement inégale (entre parenthèses les valeurs selon la formule A) :

Paris 25 (28); Marseille 17 (24); Jérusalem 12 (25); Alger 14 (27); Funchal 12 (24); Buenos-Aires 31 (37); Cordoba Argentine 16 (30); San Luis Arg. 13 (21); San Francisco 12 (24); Denver 16 (18).

La formule D paraît donc susceptible de donner, avec les observations météorologiques actuellement connues, une carte mondiale expliquant plus exactement les contrastes de l'hydrographie que celle dressée il y a six ans avec la formule A, suffisante seulement pour les cas extrêmes.

PALÉONTOLOGIE. — *Découverte paléontologique dans le sous-étage Llandeilo de l'Ordovicien de la Montagne-Noire.* Note de M. **Joseph Blayac** et Mlle **Marie Chaubet**, présentée par M. Ch. Jacob.

De récentes découvertes de Graptolites aux environs de Faugères et de Laurens (Hérault) apportent enfin une précision d'ordre paléontologique qui manquait aux formations ordoviciennes attribuées un peu trop largement, dans la Montagne-Noire, au sous-étage du Llandeilo.

On admettait jusqu'à ce jour, d'après J. Bergeron, que le Llandeilo était représenté par les célèbres *Schistes à Asaphes* de Cabrières. Ces Trilobites, la plupart de grande taille, s'y trouvent dans des nodules plats (*Tutteinstein*), désignés aussi sous le nom de

« gâteaux »; ils n'ont malheureusement encore été ni figurés, ni décrits. Les déterminations données par de Rouville et Delage (¹) sont certainement entachées d'erreurs graves, puisque, à côté d'*Ogygia desiderata* Barr., *Asaphus Barrandei* Vern. et d'espèces nouvelles, se trouve *Monograptus*. Bergeron (²), convaincu de ces erreurs, se contente de signaler dans ces schistes *Asaphus Fourneti* Vern., espèce voisine d'*Asaphus glabrata* Salt. qui est connu à la fois dans l'Arenig et le Llandeilo. M. Ch. Barrois (³) cite, de cette formation, *Asaphus Fourneti* Vern., *Asaphus Graffi* Vern. et un grand *Niobe* voisin de *lata*, inconnus dans le Llandeilo classique, notamment dans celui de Bretagne.

M. J. Miquel place dans le Llandeilo une autre formation, celle des *Schistes à Calymmenes*, qui se dispose immédiatement au-dessous des schistes à « gâteaux ». Or ces Schistes à Calymmenes, qui font partie de la formation dite des *Schistes de Boutoury*, sont authentiquement de l'Arenig. M. Barrois (⁴) y signale en divers endroits, notamment à Saint-Nazaire-de-Ladarez (Hérault), une faune de *Phyllograptus*, *Didymograptus* et *Tetragraptus*, identique à celle de l'Arenig moyen du Pays de Galles. M. Axel Born (⁵) indique aussi avoir recueilli, dans les schistes de cette même localité, *Phyllograptus angustifolius* Hall et *Tetragraptus bryonoides* Hall de l'Arenig inférieur; il note que les principaux Tribolites qui s'y rencontrent, *Calymmene Aragoi* Rou., *Dalmanites socialis* Barr., *Ogygia glabatra* Salt., sont connus à la fois du Llandeilo et de l'Arenig.

Mentionnons enfin que M. Ch. Barrois (⁶) a trouvé, dans un gâteau des schistes à Asaphes de Cabrières, un Graptolite du genre *Didymograptus*, attribué par lui, mais avec doute, à *D. euodus* Lapw., caractérisrique partout des couches inférieures du Llandeilo.

A cet indispensable rappel des découvertes antérieures aux nôtres, nous sommes autorisés à ajouter que M. R. Böhm a rapporté au Laboratoire de Géologie de Montpellier un gâteau de Cabrières, dans lequel M. Thoral a reconnu un *Amphion*, Trilobite propre à l'Arenig, et un Graptolite que Miss G. Elles a bien voulu étudier et qu'elle attribue à *Didimograptus V-fractus* Salt, des zones 3 et 4 de l'Arenig inférieur et moyen.

Près de Laurens, M. Thoral et nous, nous avons découvert une faunule graptolitique dans des schistes gréseux, noirs, friables, en contact anormal avec le Dévonien. D'après J. Bergeron ces schistes seraient gothlandiens;

(¹) *Géologie de Cabrières*, Montpellier, 1892, p. 29.
(²) *B. S. G. Fr.*, 3ᵉ série, 27, 1899, p. 640.
(³) *Ann. S. G. du Nord*, 33, 1904, p. 81.
(⁴) *Ibid.*, p. 78.
(⁵) *Senkenbergiana*, 1921, p. 190.
(⁶) *Ann. S. G. du Nord*, 20, 1892, p. 97.

mais il n'en cite aucun fossile. Or notre faunule, dont Mlle M. Chaubet a fouillé le gisement, comprend les espèces suivantes déterminées par Miss G. Elles : *Orthograptus acutus* Lapw. et *Climacograptus brevis* E. et W., cantonnés au Pays de Galles dans la zone 9 à *Nemagraptus gracilis* et la zone 10 à *Climacograptus peltifer* et *Mesograptus multidus; Climacograptus antiquus* Law., de la zone 8 à *Clyptograptus teretius culus* et des zones 9 et 10; enfin *Orthograptus intermedius* E. et W., de la zone 11 à *Climacograptus Wilsoni* et la zone 12 à *Dicranograptus Clingani*.

Les trois zones 8, 9, 10 appartiennent au Llandeilo supérieur (couches de Glenkiln). La 4e espèce, *Orthog. intermedius*, n'est connue que dans le Caradoc inférieur (zones 11 et 12).

Tous ces Graptolites ont été recueillis, sinon dans la même couche, du moins dans des feuillets qui se superposent sur une épaisseur de 40^{cm}.

En résumé : 1° les schistes à Calymmenes de Saint-Nazaire-de-Ladarez, comme les schistes de Boutoury, font partie de l'Arenig et non du Llandeilo; 2° les schistes à gâteaux de Cabrières n'appartiennent pas entièrement au Llandeilo, mais une partie, qui reste à délimiter, est bien de l'Arenig; 3° les deux genres *Climacograptus* et *Orthograptus* étaient inconnus jusqu'à ce jour dans la Montagne-Noire; 4° le Llandeilo supérieur est désormais authentifié par la faunule graptolitique de Laurens; 5° au total, l'Ordovicien est donc au complet dans la Montagne-Noire.

AGRONOMIE. — *Absorption de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal par les plantes supérieures*. Note de M. **Pierre Dopter** et Mlle **Thérèse Frémont**, présentée par M. P. Viala.

Le but de nos recherches a été d'établir d'une façon précise, au laboratoire, s'il y avait, pour une plante cultivée dans son milieu naturel, une différence de développement suivant que l'azote minéral était fourni sous forme nitrique ou ammoniacale.

Après les expériences classiques de Muntz, les essais pratiqués jusqu'à ces dernières années avaient utilisé surtout des milieux artificiels (Mazé, Prjanischnikow). Au moment où nous-mêmes faisions des expériences d'approche, Brioux entreprenait un travail similaire en protégeant sa terre d'expérience contre l'action des ferments nitrifiants par une légère acidité.

Lemoigne et Dupic obtenaient en même temps en pleine terre des résultats analogues à ceux qui étaient observés *in vitro*.

Il nous a semblé intéressant de refaire des essais dans la terre préalablement stérilisée. La technique que nous avons peu à peu mise au point nous a montré qu'il était possible d'obtenir des récoltes normales de maïs en partant de graines stérilisées, puis germées et transplantées aseptiquement dans des pots renfermant de la terre stérile. La technique des expériences sera décrite dans un Mémoire ultérieur.

Tous les pots ont été amenés par du gravier à une tare uniforme et ont été remplis de $7^{kg},100$ d'une terre à 18 pour 100 d'humidité. Chaque vase a reçu une même dose de $0^{g},500$ de P^2O^5 soluble du superphosphate et de $0^{g},500$ de K^2O du chlorure.

Sur les quinze pots mis en expérience, cinq ont reçu $0^{g},500$ d'azote du sulfate d'ammoniaque et cinq autres $0^{g},500$ d'azote du nitrate de soude.

Après germination et transplantation aseptiques des plantules de maïs, l'humidité des pots a été maintenue constante par addition aseptique d'eau distillée stérile et le renouvellement de l'atmosphère intérieure a été assuré par injections régulières d'égales quantités d'air filtré sur coton.

L'expérience, mise en route le 8 mars, a été arrêtée le 30 juillet, date d'apparition des fleurs. Les pots ont été ouverts; des échantillons de terre ont été prélevés pour analyse et contrôles bactériologiques, et les plantes ont été intégralement extraites par délayage et libération des racines sous un jet d'eau.

Tiges et racines ont été hachées séparément puis séchées et pesées; les résultats obtenus ont, en moyenne, été les suivants :

Nature de l'essai.	Matière sèche de tige.	Indice de comparaison.	Matière sèche de racine.	Indice de comparaison.	Matière sèche totale.	Indice de comparaison.
Sans N..........	6,50	100	1,8	100	8,30	100
Avec N de NH^3..	7,14	109,8	2,3	127,7	9,44	113,7
Avec N de NO^3..	7,20	110,7	2,5	138,8	9,70	116,8

Ces chiffres montrent que, en pots stériles, l'azote nitrique s'est révélé quelque peu supérieur à l'azote ammoniacal, quant à la totalité de matière sèche produite; la différence vient surtout des racines, fait qui avait déjà été mis en évidence par d'autres expérimentateurs et tout récemment par Brioux.

Évaluant ensuite la quantité d'azote exporté par la récolte, nous avons, en moyenne, obtenu les résultats suivants :

Tableau I.

Nature de l'essai.	Azote, en grammes, exporté par la plante. Tiges.	Racines.	Total.	Indice de comparaison.
Sans N................	0,189	0,017	0,206	100
Avec N de NH^3.........	0,238	0,032	0,270	126,7
Avec N de NO^3.........	0,236	0,048	0,284	137,8

L'azote a, d'autre part, été dosé dans la terre au début et à la fin de l'expérience; des chiffres trouvés, il résulte que chaque pot contenait en moyenne, compte tenu de l'azote ajouté :

Tableau II.

Nature de l'essai.	Azote ammoniacal		Écart.	Azote nitrique		Écart.	Différence totale.
	avant.	après.		avant.	après.		
Sans N.........	0,120	0,081	0,039	0,818	0,650	0,168	0,207
Avec N de NH^3..	0,620	0,468	0,152	0,818	0,707	0,111	0,263
Avec N de NO^3..	0,120	0,116	0,004	1,318	0,974	0,344	0,348

La diminution d'azote de la terre correspond sensiblement à la quantité absorbée par la récolte, sauf dans le cas de la série traitée au nitrate dont il ne sera pas tenu compte, la différence étant trop importante pour ne pas être due à un phénomène étranger au contrôle lui-même.

L'examen des autres chiffres montre que la plante a absorbé l'azote ammoniacal incorporé à la terre, fait déjà connu par les essais opérés en milieux artificiels.

Mais nous voyons que, d'une part (Tableau I), l'augmentation de matière sèche est légèrement plus importante (3 pour 100) en faveur de l'azote nitrique, et que, d'autre part (Tableau II), la quantité d'azote nitrique exporté est plus considérable (10 pour 100 environ) que celle d'azote ammoniacal. Ceci est en contradiction avec les résultats obtenus en milieux artificiels dont l'azote ammoniacal était absorbé avant l'azote nitrique.

Il semble donc logique de penser que c'est la nature du milieu qui a une influence sur le phénomène, et, sans doute, le pouvoir absorbant de la terre vis-à-vis de l'ammoniaque.

C'est dans cet ordre d'idées que nous comptons poursuivre nos recherches.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur un pigment élaboré par le bacille diphtérique.* Note [1] de MM. **Mladen Paić** et **Marcel Philippe**, présentée par M. G. Urbain.

Levaditi, Loiseau, Paić, Philippe et Haber [2] ont montré que les milieux de culture dans lesquels se sont développés des bacilles diphtériques présentent, dans l'extrême violet, une bande d'absorption. Nous avons poursuivi ce travail afin de préciser l'origine de cette bande et nous exposons dans la présente Note les résultats obtenus.

I. En laissant en contact, à 0°C., pendant 40 heures, quelques grammes de membrane de collodion [3] avec 10^{cm^3} d'eau et 10^{cm^3} de bouillon-toxine [4], on remarque que la couleur du bouillon passe du brun foncé au jaune clair, tandis que la membrane se colore en brun. En examinant le spectre d'absorption et la toxicité du liquide surnageant, on constate, par comparaison des différences $\delta_{max} - \delta_{min}$, que la bande d'absorption a perdu 70 pour 100 environ de son intensité, par rapport au bouillon-toxine initial, mais que la toxicité n'a pas diminué (*fig.* 1). Il est donc évident que la bande d'absorption ne provient pas de la toxine diphtérique, mais d'une substance pigmentaire, élaborée par le bacille diphtérique. De la position de la bande on peut conclure que ce pigment doit probablement contenir dans sa molécule des groupes pyrroliques, comme en contiennent l'hémoglobine et le cytochrome [5].

II. Levaditi et ses collaborateurs ont déjà remarqué que les milieux dans lesquels s'est développé le bacille diphtérique *atoxique* ne montrent pas la bande caractéristique, c'est-à-dire que ce bacille ne forme pas le pigment en question. Nous avons examiné les milieux dans lesquels ont été cultivés d'autres microbes, tels que le bacille pseudo-diphtérique

---

(1) Séance du 2 janvier 1935.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 609.

(3) La membrane a été fraîchement préparée et estérilisée à 100°C.

(4) Temps d'incubation de la culture à 36°C, : 12 jours. La valeur de la toxine mesurée par la méthode de floculation de Ramon correspondait à 37 unités antigéniques par centimètre cube.

(5) V. Henri et R. Wurmser, *C. R. Soc. Biol.*, 72, 1912, p. 1039; F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, 1, 1923, p. 1; G. Appell-Duclaux, *Thèse*, Paris, 1931.

d'Hoffmann ([1]), le bacille paratyphique, le bacille tétanique, le bacille dysentérique et le staphylocoque. Dans aucun de ces cas on n'a pu déceler la bande d'absorption correspondant à ce pigment ([2]). Celui-ci paraît donc être caractéristique du bacille de Lœffler et accompagner la formation de la toxine diphtérique.

III. La figure 2 montre la variation de la concentration de la toxine

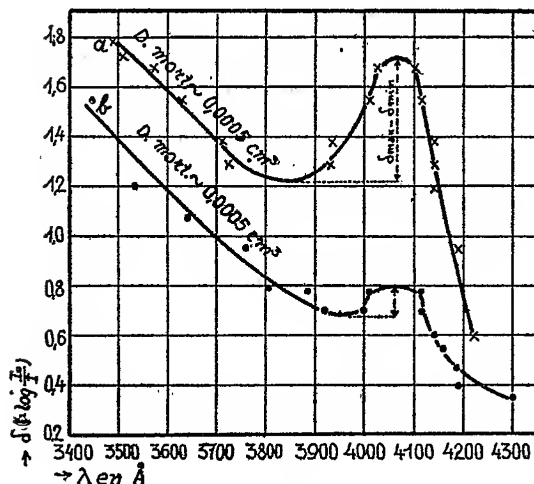


Fig. 1.

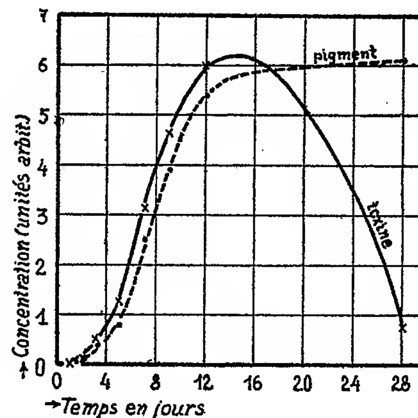


Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes d'absorption : *a*, bouillon-toxine dilué 1 : 1 ; *b*, le même bouillon-toxine après contact avec du collodion. Épaisseur de la couche : 1 cm.

Fig. 2. — Concentration de la toxine et du pigment diphtérique en fonction du temps d'incubation à 36° C.

et du pigment diphtérique en fonction du temps de culture. La concentration du pigment est supposée approximativement proportionnelle à la différence $\delta_n - \delta$, où δ_n est la densité optique de l'échantillon de bouillon de $n^{\text{ième}}$ jour et δ la densité optique du bouillon initial non ensemencé, pour la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorption ($x = 4080$ Å). La concentration de la toxine est supposée inversement proportionnelle à la dose mortelle pour le cobaye. On voit que, dans la phase du développe-

([1]) Cette souche correspond à un bacille dont la morphologie, les caractères culturaux et biochimiques sont rigoureusement ceux du bacille diphtérique pathogène, sauf un seul : l'absence totale de pouvoir toxique.

([2]) Voir aussi F. Vlès, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 524 et 552.

ment des microbes (du 1er au 12e jour), la concentration du pigment augmente parallèlement à celle de la toxine, mais qu'elle ne diminue pas quand la toxine commence à s'atténuer.

IV. En dialysant le bouillon-toxine diphtérique à travers un sac de collodion, le pigment est partiellement adsorbé par la membrane, mais le reste la traverse facilement. Ainsi dans une expérience où le sac de collodion, contenant 10^{cm^3} de bouillon-toxine, était placé dans 90^{cm^3} d'eau, on a trouvé, par comparaison de $\delta_{max} - \delta_{min}$, après 40 heures de dialyse à 0°C, que 10 pour 100 de pigment sont restés à l'intérieur du sac, 40 pour 100 l'ont traversé et 50 pour 100 ont été adsorbés. La concentration du pigment était environ deux fois plus grande à l'intérieur du sac que dans le liquide extérieur. Par contre la toxicité pour le cobaye était environ cent fois plus grande à l'intérieur qu'à l'extérieur du sac. Cela signifie que le pigment diffuse plus rapidement à travers le sac que la toxine diphtérique et que la dialyse peut être considérée, ainsi que l'adsorption sur le collodion, comme un moyen physique de purification de la toxine.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *De l'importance de la porte d'entrée dans l'évolution du sarcome d'Ehrlich.* Note de MM. **Alexandre Besredka** et **Ludwig Gross**, présentée par M. F. Mesnil.

A la suite des recherches de l'un de nous sur le charbon et le rôle dévolu à la peau dans l'infection et dans l'immunité (1), nous nous sommes demandé si le sarcome de la souris ne variait pas dans sa virulence suivant la nature des cellules avec lesquelles il vient en contact et surtout suivant que le sarcome est inoculé sous la peau ou dans la peau.

Nous avons déjà pu nous rendre compte (2) qu'une émulsion finement triturée de sarcome, introduite à une dose convenable ($0^g,03$) sous la peau, dans les muscles ou dans le péritoine, donne toujours naissance à une tumeur. Celle-ci fait son apparition invariablement au point de l'inoculation après 6-9 jours; elle augmente progressivement et tue irrévocablement la souris au bout de 3-5 semaines; nous avons eu l'occasion d'observer depuis quelques années des milliers de ces souris et jamais nous n'avons vu une tumeur régresser spontanément.

---

(1) A. Besredka, *Ann. Inst. Pasteur*, 35, 1921, p. 421.

(2) A. Besredka et L. Gross, *Ann. Inst. Pasteur*, 53, 1934, p. 341.

Or, si la tumeur est inoculée non pas sous la peau, mais dans l'épaisseur même de la peau, notamment dans sa couche superficielle, on assiste à un phénomène tout différent : quelques jours ou deux ou trois semaines au plus tard, après l'inoculation, on voit apparaître, au point de la pénétration de l'aiguille, une petite tumeur qui fait corps avec la peau. Cette tumeur se développe lentement et atteint dans les jours qui suivent les dimensions d'un pois ou d'un grain de café.

A ce stade de développement, la tumeur intracutanée présente la même structure histologique et la même virulence que le sarcome d'origine. Lorsqu'on l'excise d'une façon aussi radicale que possible, deux cas peuvent se présenter : ou la plaie se cicatrise sans laisser de séquelles, ou l'on constate des métastases au bout de quelques semaines. Quant à la tumeur excisée, elle produit, inoculée sous la peau d'une souris neuve, une tumeur sarcomateuse caractéristique.

Tandis que cette tumeur intracutanée, dès qu'elle subit un traumatisme, est suivie à brève échéance d'une métastase, abandonnée à son propre sort, à la condition que l'on n'y touche plus, elle subit dans un grand nombre de cas, au bout de quelques jours, une régression remarquable : au lieu d'être rénitente, elle se flétrit, se ramollit, se recouvre d'une croûte pareille à celle que l'on voit dans le charbon et, en ce cas, elle finit, au bout de deux à trois semaines environ, par disparaître, ce que l'on n'observe pas chez les souris inoculées sous la peau.

A 15h35m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JANVIER 1935.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le bureau le Volume X, année 1930, première partie, des *Tables annuelles de Constantes et Données numériques de Chimie, de Physique, de Biologie et de Technologie*, dont la crise actuelle a retardé la publication. Il rappelle que l'Académie s'est intéressée en plusieurs circonstances à cette œuvre, dirigée par un Comité international, dont M. Charles Marie est le secrétaire général.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Conséquences pratiques de la germination des graines de Pomme de terre en montagne.* Note de M. **Julien Costantin.**

Rien de plus simple, en apparence, que de faire germer une graine ou même une spore : il suffit d'une pluie ou d'un arrosage pour féconder la terre; en réalité, il faut que l'air soit présent et l'eau n'est que le dissolvant des matières salines du sol qui constituent l'aliment véritable et indispensable.

Dans le cas des Orchidées et des Lycopodes, les graines des premières et spores des seconds ne sortent pas de leur torpeur, même si on leur fournit l'air et l'aliment; on sait qu'il faut ajouter, dans ces deux cas mais surtout dans le premier, un champignon spécial et toujours le même pour chaque espèce de graine afin de déclencher la germination. C'est une des nombreuses singularités qui caractérisent la grande et belle famille des Orchidées.

Le cas des graines de Pomme de terre mérite un examen spécial.

Beaucoup de gens, même des jardiniers habiles, ont tenté vainement de mettre en branle les semences de cette plante; parfois cependant ils sont arrivés à avoir des plantules; mais, par une malchance dont ils n'ont pu trouver l'explication, jamais ils ne sont parvenus à élever une plante normale produisant un tubercule, une fleur et à plus forte raison de nouvelles graines. C'est surtout le défaut de tubérisation qui est à la fois décevant et frappant ainsi que le caractère nain et pauvre du végétal ainsi obtenu.

Heureusement les résultats négatifs qu'on vient de lire ne sont pas définitifs et les maîtres de la science horticole et de l'art délicat du jardinage sont parvenus à lever les difficultés précédentes.

Leurs procédés sont, sinon secrets, du moins peu connus et n'ont jamais été sans doute publiés. La preuve de leurs succès, c'est qu'ils sont parvenus à faire des croisements et à élever complètement les graines des hybrides, de manière à avoir des fleurs et des semences de deuxième génération. Je citerai, à ce propos, un exemple parmi les nombreuses hybridations de Pomme de terre réalisées dans les Établissements Vilmorin à Verrières-le-Buisson : celui de la variété *Maréchal Franchet d'Esperey* que Louis de Vilmorin a bien voulu me communiquer, qui n'est pas encore dans le commerce. Ayant cultivé cette variété dans les Pyrénées, en 1933 et surtout en 1934, avec MM. Bouget et Magrou, nous avons constaté l'existence de caractères hybrides qui sont loin d'être fixés : il y avait des tubercules rouges, rosés ou blancs, dont la forme pouvait être ronde, ovale ou très oblongue; certains d'entre eux avaient la propriété singulière de bourgeonner.

On voit donc que les horticulteurs expérimentés réussissent même facilement la germination des graines de Pomme de terre, mais en suivant une technique assez particulière que je vais indiquer.

Les semis sont faits très tôt, vers la fin de février soit en serre à multiplication à la température de 18°, soit en couches chaudes. Voici les stades successifs d'une de ces opérations : semis le 26 février 1934; transplantation en terrine le 24 mars, sous châssis froid; puis mise en pots séparés, le 10 avril; toute cette culture est faite sur terreau de feuilles. Remarque importante, à la fin de cette *première année* on ne récolte que *peu ou pas de tubercules :* leur production est donc aléatoire. Mais, dès qu'on en a un seul, on est maître de l'élevage car, à la deuxième culture (issue de ces premiers tubercules), on adopte tout de suite la culture ordinaire de la Pomme de terre de tubercules en tubercules.

La découverte qui vient d'être ainsi exposée a une importance capitale pour la culture de la Pomme de terre et notamment pour la lutte contre la dégénérescence, et c'est là que les efforts du praticien ont commencé, sans que personne l'ait dit, à tenir compte des résultats intéressants que nous avions obtenus, mes collaborateurs et moi, en montagne contre les maladies à virus.

Il fut constaté, notamment à Verrières-le-Buisson, que certains types issus de graines (en particulier la variété *Maréchal Franchet d'Esperey*) résistaient aux maladies de la dégénérescence. Afin de faire étudier cette question en montagne, on a fourni à M. Lebard, qui est mon collaborateur dans les Alpes, en 1931 et surtout en 1932, soit des tubercules venant de germination, soit des graines, soit des plants.

L'immunité contre les redoutables fléaux qui viennent d'être nommés a d'ailleurs été observée antérieurement dès 1928 et pendant les trois années suivantes, par MM. Schultz, Bonde et Raleigh dans le Maine (États-Unis), aux cours d'expériences faites sur deux types de la variété américaine *Green Mountain* (¹). L'innocuité vis-à-vis de trois virus (*mild mosaic*, enroulement et *spindle tuber*) a été absolue, car on n'a observé aucun cas pathologique de 1928 à 1931; ces plantes ayant été élevées de graines, il semble bien en découler (au moins dans ce cas) que les semences ne transmettent pas les virus (c'est donc un deuxième cas d'immunité et cela rend vraisemblable qu'il s'agit d'une propriété constante).

Comment ces plantes indemnes ont-elles gardé ce caractère pendant les quatre années où elles ont été cultivées au milieu d'innombrables plantes malades voisines? Ce fait est de la plus haute importance, il semble indiquer que ces plantes qui étaient saines devaient posséder une résistance remarquable aux dégénérescences. Il est bien difficile de penser que, dans un milieu aussi contaminé, les maladies ne finissent par réapparaître. Les conditions ne seraient certainement pas propices pour faire la multiplication en grand des tubercules; elle s'impose si l'on veut procurer aux cultivateurs les semences saines en nombre immense dont ils ont l'impérieux besoin.

Ceci m'amène à parler des semis de graines de Pomme de terre en montagne que nous avons faits, mes collaborateurs et moi en 1933 avec grand succès (²); essais répétés en 1934 avec le même résultat : production de *nombreux tubercules dès la première année* de cultures issues de graines.

Si, comme cela est probable par ce qui vient d'être exposé plus haut, les graines ne transmettent pas les virus, c'est en montagne qu'il faut faire les semis. On doit renoncer à l'élevage des plantules dans les plaines (comme dans le Maine, aux États-Unis, ou à Verrières-le-Buisson, en France); la raison en est évidente puisque de telles contrées sont envahies d'une manière intense par ces innombrables affections qui attaquent non seulement la Pomme de terre mais toutes les plantes cultivées.

Les dangers de contamination ne sont plus les mêmes en montagne, car les plantes

(¹) SCHULTZ, BONDE et RALEIGH, *The Maine agricultural experiment Station Orono, University of Maine*, Bull. 370, janvier 1934, p. 11.

(²) COSTANTIN, MAGROU, BOUGET et Mlle V. JAUDEL, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1195.

saines restent saines, à la condition qu'il n'y ait pas dans le voisinage des pieds atteints de dégénérescences.

Grâce aux plantations alpestres avec des tubercules rigoureusement sains issues de graines, le problème de la multiplication sera aisément résolu; d'ailleurs s'il y a quelques pieds par hasard contaminés, ils seront arrachés sans retard lors des inspections : le mal restera donc sans grave effet.

Règle absolue, il ne faudra pas faire les cultures précédentes dans une région montagnarde où il y aura beaucoup de plantes malades : si ces dernières existent, elles devront être radicalement détruites.

Il faut absolument renoncer aux élevages en serre aux environs de Paris *dès la fin de février* pour les raisons suivantes :

1° Les semis de graines à 1400m dans les Pyrénées en 1934, faits *le 26 mai*, se sont montrés aussi productifs en tubercules que les précédents, en 1933.

2° Ces semis alpestres ne risquent pas de se contaminer, tandis que les dangers dus à la maladie sont très grands en plaine. On pourrait, il est vrai, les envoyer à 1400m au milieu de mai, avant l'apparition ou l'extension des dégénérescences, mais il est plus simple et plus économique surtout de faire des cultures de graines en montagne directement et de suite en pleine terre.

3° On a vu qu'au Peyras, le nombre des tubercules récoltés de graines en 1934, sur un pied peut être de 17, 18 ou 29 (souvent 10 tubercules en moyenne par pied) : ces nombres sont bien supérieurs à ceux donnés par la multiplication courante faite en plaine par les jardiniers [1].

C'est donc *l'élevage des graines en montagne à* 1400m *ou* 1500m *d'altitude qui donnera la plus grande multiplication en tubercules et l'assurance d'avoir des semences saines.*

Il en découle donc que c'est ainsi que l'on pourra vraisemblablement résoudre radicalement le problème de la dégénérescence.

Il faut toutefois faire ici une restriction. Dans tout ce qui précède, il n'a été question que des anciennes maladies à virus; on a malheureusement découvert dans ces dernières années ce que l'on appelle des types à *virus inapparents*. Les plantes ainsi malades ont tous les caractères de végétaux sains. L'étude en montagne des variétés présentant ces cas pathologiques n'a pas été faite jusqu'ici. Il se pourrait, mais c'est peu probable, que de tels virus résistent à l'action de l'altitude. Ce serait certainement très fâcheux, car les variétés ainsi atteintes sont légion : on a affirmé que toutes les variétés américaines renferment des virus inapparents; l'Europe paraît

(1) Costantin, Bauget et Magrou, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1547.

jusqu'ici moins défavorisée à ce point de vue, cependant la variété hollandaise *Thorbecke*, la variété française *Jaune d'or* sont également atteintes de ce mal mystérieux. On sait qu'on arrive à déceler le fléau caché en injectant par greffe le suc de certaines variétés qui méritent, à cause de cela, le nom de variétés réactives.

M. P. Langevin dépose sur le bureau de l'Académie le volume intitulé *Structure et propriétés des noyaux atomiques*, dans lequel sont publiés les rapports et discussions du Conseil international de Physique Solvay qui s'est tenu à Bruxelles du 22 au 29 octobre 1933 avec, pour objet, l'examen des résultats obtenus et des problèmes posés en physique nucléaire. Bien que ce très important et très actuel domaine de recherches se soit enrichi depuis un an par la découverte de la radioactivité artificielle, le volume actuellement publié représente une mise au point très complète de toutes les questions qui s'y rattachent. Il est édité à la librairie Gauthier-Villars par l'Institut de Physique Solvay.

ÉLECTIONS.

M. Henri Vallée est élu Correspondant pour la Section d'Économie rurale par 42 suffrages contre 5 à M. *Maurice Nicloux*, 1 à M. *Jean Feytaud* et 1 à M. *André Paillot*.

PLIS CACHETÉS.

M. Raoul Estripeaut demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 2 janvier 1935 et enregistré sous le n° 10960.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Étiologie du Cancer*.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

MM. **Alexandre Guilliermond**, **Joseph Magrou** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section de Botanique par le décès de M. *H. Lecomte*.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Une nouvelle variante de la démonstration du théorème de Waring*. Note de M. **I. Vinogradov**, présentée par M. Hadamard.

1. La présente démonstration du théorème de Waring, tant dans son idée que dans son mode de généralisation, est très proche de mes dernières démonstrations de ce théorème (1). Ici, comme précédemment, la variable u, parcourant une suite de valeurs composées suivant une loi déterminée, joue un rôle important. La loi de la suite des valeurs est la suivante : Soient n un entier fixe >1; P un entier pouvant croître indéfiniment; $\nu=1/n$; $P_1=[n^\nu P^{1-\nu}]$; k un entier fixe >0; $\sigma=n(1-\nu)^k$. Prenons les nombres

$$s_1=1^n,\ 2^n,\ \ldots,\ P^n.$$

En intercalant, entre chaque couple de valeurs successives s'_1 et s''_1 de la variable s_1, tous les nombres de la forme s'_1+w^n, où w est un entier et $0<w^n<s''_1-s'_1$, et en adjoignant ces nombres aux nombres s_1, nous obtenons une seconde série de nombres s_2. Avec la série s_2 répétons la même opération. Nous obtenons ainsi les nombres s_3, s_4, ..., et ensuite les nombres $\xi=s_k$. Faisons alors prendre à la variable u les valeurs

$$u=\xi+v^n,$$

où les variables ξ et v parcourent, indépendamment l'une de l'autre, les séries de valeurs suivantes : la première parcourt la série formée tout à l'heure et la seconde parcourt la série P, P + 1, ..., 2P − 1.

Les nombres u ainsi composés se trouvent dans l'intervalle $P^n\leqq u<2^nP^n$,

---

(1) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 174-175; *C. R. de l'Acad. des Sciences de l'U. R. S. S.*, **2**, n° 6, 1934, p. 337-341.

Ils sont tous différents l'un de l'autre et leur nombre X satisfait à la condition (¹)

$$X \gg P^{n-\sigma},$$

où σ peut être fait arbitrairement petite pour k suffisamment grand.

2. Pour simplifier les calculs, j'introduis ici, comme dans mes travaux précédents, avec un entier N_0 suffisamment grand, un entier auxiliaire N capable de varier dans des limites assez larges. Supposons

$$P=\left[\frac{1}{3}N_0^{\nu}+1\right],\qquad R=\left[P^{1-\frac{\nu}{2}}\right],\qquad Y=\left[\left(\frac{\sqrt{P}}{2}\right)^{\nu}\right],$$

$$k=[2n\log n+n\log 6-1]\qquad (n>3);$$

$$S=\sum_{u}e^{2\pi i\alpha u},\qquad S_1=\sum_{y=1}^{Y}\sum_{u_1}e^{2\pi i\alpha y^n u_1},\qquad T=\sum_{x=1}^{3P}e^{2\pi i\alpha x^n},$$

$$N_0-N_0P^{-\frac{1}{4}}<N\leqq N_0,$$

u parcourt la série des valeurs du n° 1 et u_1 la série des valeurs composées d'une manière analogue, avec le seul changement de P en R. Désignons le nombre des valeurs de u_1 par X_1. Considérons l'intégrale

$$I_N=\int_0^1 S^2 S_1 T^{4n-2}e^{-2\pi i\alpha N}\,d\alpha.$$

En supposant $\tau=2n3^{n-1}P^{n-\frac{1}{2}}$, prenons, au lieu de l'intervalle $0\leqq\alpha\leqq 1$, l'intervalle $-\tau^{-1}\leqq\alpha\leqq 1-\tau^{-1}$; divisons ce dernier en intervalles partiels conformément aux conditions

I. $\quad\alpha=\dfrac{a}{q}+z,\qquad (a,q)=1,\qquad 1\leqq q\leqq\sqrt{P},\qquad -\tau^{-1}\leqq z\leqq\tau^{-1}.$

II. Tous les autres.

En accord avec cette division,

$$I_N=H_1+H_2.$$

3. Estimons d'abord H_2. Si α appartient à l'intervalle de la IIᵉ classe,

$$\sqrt{P}<q\ll P^{n-\frac{1}{2}},$$

(¹) $A\ll B$ ou $B\gg A$ a le même sens que $A=O(B)$.

moyennant quoi on obtient

$$S_1 \ll YX_1 P^{\left(1-\frac{\nu}{2}\right)\frac{\sigma}{2}-\frac{\nu}{4}},$$

$$H_2 \ll P^{4n-2} YX_1 P^{\left(1-\frac{\nu}{2}\right)\frac{\sigma}{2}-\frac{\nu}{4}} \int_0^1 e^{2\pi i \alpha(u-u')}\, d\alpha \ll YX^2 X_1 P^{3n-2-\delta}.$$

où δ est une constante positive.

Pour H_1, nous obtenons

$$H_1 \gg YX^2 X_1 P^{3n-2},$$

et, par conséquent (en posant $N = N_0$),

$$I_{N_0} \gg YX^2 X_1 P^{3n-2}.$$

Ainsi $I_{N_0} > 0$. Mais I_{N_0} est le nombre des représentations du nombre N_0 sous la forme

$$N_0 = u + u' + y^n u_1 + x_1^n + x_2^n + \ldots + x_{4n-2}^n.$$

Cette forme se présente comme la somme de termes de la forme t^n en nombre ne surpassant pas

$$3(k+1) + 4n - 2 < n(6\log n + 3\log 6 + 4) < n(6\log n + 10).$$

Nous obtenons ainsi le théorème suivant :

Théorème. — *Soit n un entier* > 3

$$s = [n(6\log n + 3\log 6 + 4)].$$

Il existe une constante c, dépendante seulement de n et telle que pour chaque entier $N \geqq c$, *on ait*

$$N = t_1^n + t_2^n + \ldots + t_s^n,$$

où $t_1, t_2, \ldots, t_s$ *sont des entiers* $\geqq 0$.

ALGÈBRE. — *Remarques sur les équations algébriques dont les équations dérivées ont toutes leurs racines réelles.* Note de M. **Tibère Popoviciu**, présentée par M. Hadamard.

1. Nous ne considérons que des polynomes à coefficients réels. Soit $P(x)$ un polynome de degré n. Désignons par r le nombre des zéros réels multiples du polynome $P(x)$ et par k la somme du nombre de tous les zéros réels distincts et du nombre des zéros complexes de $P(x)$. Remarquons que le nombre $k + r - 1$ est au plus égal à $n - 1$.

Nous avons obtenu la propriété suivante :

S'il existe un polynome $Q(x)$ *de degré m tel que l'équation dérivée* $[P(x) . Q(x)]' = 0$ *ait toutes ses racines réelles, il existe certainement un polynome* $R(x)$ *de degré* $\leq m$ *tel que l'équation dérivée* $[P(x) . R(x)]' = 0$ *ait toutes ses racines réelles dont au plus* $k + r - 1$ *sont distinctes.*

La démonstration s'appuie sur la continuité des racines d'une équation algébrique par rapport aux coefficients et, en remarquant que, pour $m = 0$, la propriété résulte du fait que si un polynome a un zéro multiple d'ordre ν $(\nu > 1)$, sa dérivée a le même zéro multiple d'ordre $\nu - 1$.

On peut dire aussi, sans préciser la nature des zéros du polynome $P(x)$, que s'il existe un polynome $Q(x)$ tel que l'équation dérivée $[P(x) . Q(x)]' = 0$ ait toutes ses racines réelles, il existe un polynome $R(x)$ tel que l'équation dérivée $[P(x) . R(x)]' = 0$ ait toutes ses racines réelles dont *au plus* $n - 1$ *sont distinctes.*

2. Soit

$$F(x) = (x - c)^p[(x - c)^2 + d^2]Q(x),$$

$Q(x)$ étant un polynome, c, $d \neq 0$ des constantes réelles et p un entier positif. Alors :

L'équation dérivée $F'(x) = 0$ *ne peut avoir toutes ses racines réelles.*

C'est encore à l'aide de la continuité des racines que nous avons prouvé qu'il suffit de démontrer la propriété pour le cas où $F'(x)$ n'aurait que deux zéros distincts au plus, dont l'un toujours simple. Pour ce cas, on démontre la propriété directement.

3. Comme conséquence de la propriété précédente, nous avons le théorème suivant :

Si l'équation dérivée $f'(x) = 0$ *d'une équation algébrique de degré n a toutes ses racines réelles et si l'équation* $f(x) = 0$ *a un couple de racines imaginaires conjuguées* $a \pm ib$, *cette équation ne peut avoir aucune racine réelle dans l'intervalle*

$$\left(a - b \operatorname{tang} \frac{\pi}{n},\ a + b \operatorname{tang} \frac{\pi}{n}\right).$$

Les limites ne sont atteintes que pour les équations

$$f(x) \equiv C\left[\left(x - a \pm b \operatorname{cotg} \frac{2\pi}{n}\right)^n - \frac{(\pm b)^n}{\left(\sin \frac{2\pi}{n}\right)^n}\right] = 0,$$

C étant une constante.

4. Nous avons aussi examiné les équations qui n'ont qu'un seul couple de racines imaginaires conjuguées et obtenu le théorème suivant :

Si l'équation dérivée $f'(x) = 0$ d'une équation algébrique de degré n a toutes ses racines réelles et si l'équation $f(x) = 0$ a un seul couple de racines imaginaires conjuguées $a \pm ib$, cette équation ne peut avoir aucune racine dans l'intervalle

$$(a - \lambda_n b,\ a + \lambda_n b),$$

où λ_n est la racine réelle et positive de l'équation

$$(n-1)\sqrt{2(n-1)}\,x(x^2+9) - 3(n+1)\sqrt{3(n-2)}\,(x^2+1) = 0.$$

Les limites sont atteintes pour les équations

$$[(x-a)^2+b^2](x \pm \lambda_n)(x \pm \mu_n)^{n-3} = 0,$$

où les signes se correspondent, et

$$\mu_n = \frac{-\lambda_n[(n-1)^2\lambda_n^2 + 3(3n^2-10n-1)]}{3(n+1)(3-\lambda_n^2)}.$$

Lorsque n croît, λ_n décroît et tend vers une limite positive λ pour $n \to \infty$. On peut donc énoncer une propriété analogue ne dépendant pas du degré n. Les racines sont extérieures à un intervalle $(a - \lambda b,\ a + \lambda b)$, où λ est la racine réelle et positive de l'équation

$$\sqrt{2}\,x(x^2+9) - 3\sqrt{3}(x^2+1) = 0.$$

Les limites ne sont pas atteintes, mais le nombre λ ne peut être remplacé par aucun autre nombre plus grand.

λ est voisin de 0,5. Plus exactement, il est compris entre 0,4946 et 0,4947.

ALGÈBRE. — *Sur un idéal attaché à une courbe gauche algébrique définie par sa représentation monoïdale.* Note de M. **Paul Dubreil**, présentée par M. Julia.

1. Soit C une courbe gauche algébrique irréductible ne présentant pas de singularités. Supposons l'espace projectif rapporté à des axes tels que le point à l'infini sur Oz, Z, n'appartienne pas à C. Soient $\mathfrak{C}$ l'idéal homogène engendré par les formes F(x, y, z, t) nulles sur C, $\overline{\mathfrak{C}}$ l'idéal homogène engendré par les formes F(x, y, 0, t). La variété de $\overline{\mathfrak{C}}$ se compose des points d'intersection, supposés distincts, de C avec le plan $z = 0$. C est dite de

première espèce si $\overline{\mathfrak{C}}$ n'admet pas de composant impropre [1], de seconde espèce dans le cas contraire. Rappelons quelle est essentiellement la signification géométrique de cette définition : la condition nécessaire et suffisante pour que le théorème de Nœther s'applique à l'intersection de la courbe C et de toute surface ne la contenant pas, est que C soit de première espèce [2]. Il y a donc intérêt à déterminer complètement cet idéal $\overline{\mathfrak{C}}$ à partir des données définissant C et notamment de la représentation monoïdale de cette courbe : c'est précisément le but de la présente Note.

2. Soient

$$\varphi(x, y, t) = 0, \qquad z = \frac{u_1(x, y, t)}{u_0(x, y, t)} \tag{1}$$

les équations du cylindre projetant la courbe parallèlement à Oz et d'un monoïde de sommet Z passant par C. On peut, comme on sait, remplacer ce monoïde par une infinité d'autres de même sommet, le dénominateur χ dans l'équation du monoïde étant assujetti à la seule condition de s'annuler aux points doubles D de la courbe $\varphi = 0$, points doubles apparents de C [3]. Le choix de χ entraîne, à un multiple éventuel de φ près, celui du numérateur ψ, qui s'annule en tout point commun à $\varphi = 0$ et $\chi = 0$. On peut donc prendre $\chi = u_1$, il lui correspond $\psi = u_2$. A $\chi = u_2$ correspond de même un numérateur $\psi = u_3$, etc. La suite $u_0, u_1, u_2, \ldots, u_m, \ldots$ ainsi formée a, d'après des identités bien faciles à établir, la propriété fondamentale suivante : *La condition nécessaire et suffisante pour que la surface*

$$F(x, y, z, t) = P_0 z^m + P_1 z^{m-1} + \ldots + P_m = 0 \tag{2}$$

contienne C *est que l'on ait la congruence* [4]

$$P_0 u_m + P_1 u_{m-1} + \ldots + P_m u_0 \equiv 0 \pmod{\varphi}. \tag{3}$$

---

[1] Pour la définition de cette notion, voir par exemple P. Dubreil, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 84; B. L. van der Waerden, *Proc. Kon. Akad. Wetenschappen Amsterdam*, 31, n° 7, § 9. M. van der Waerden emploie l'expression *projectively irrelevant*.

[2] Voir P. Dubreil, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1637; *Quelques propriétés des variétés algébriques se rattachant aux théories de l'Algèbre moderne* (*Actualités scientifiques et industrielles*, sous presse).

[3] Cette propriété, démontrée par Halphen (*Journal de l'École Polytechnique*, 32, 1882, p. 1), est une conséquence immédiate d'une remarque de M. van der Waerden sur l'application du théorème de Nœther (*Math. Ann.*, 104, 1931, p. 472).

[4] Halphen, *loc. cit.*, p. 33.

La condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une surface de degré m passant par C et ne contenant pas Z est donc :

$$(4) \qquad u_m \in (\varphi, u_0, u_1, \ldots, u_{m-1}).$$

Si l'on suppose, comme on peut toujours le faire, que la première surface minima de C, $F_1(x, y, z, t) = 0$, ne passe pas par Z, le degré γ_1 de cette surface est la plus petite valeur de m pour laquelle la relation (4) est vérifiée.

3. De la congruence (3) résulte

$$F(x, y, 0, t) = P_m \in \mathfrak{c}_m,$$

en posant

$$\mathfrak{a}_m = (\varphi, u_1, u_2, \ldots, u_m) \qquad \mathfrak{c}_m = \mathfrak{a}_m : u_0.$$

Toute forme de $\overline{\mathfrak{C}}$ appartient donc à l'un des idéaux $\mathfrak{c}_m$ et réciproquement tout $\mathfrak{c}_m$ est multiple de $\overline{\mathfrak{C}}$. On a d'ailleurs

$$(5) \qquad \mathfrak{a}_1 \subset \mathfrak{a}_2 \subset \ldots \subset \mathfrak{a}_m \subset \mathfrak{a}_{m+1} \subset \ldots,$$

$$(6) \qquad \mathfrak{c}_1 \subset \mathfrak{c}_2 \subset \ldots \subset \mathfrak{c}_m \subset \mathfrak{c}_{m+1} \subset \ldots,$$

et, d'après le « Teilerkettensatz » (1), tous les $\mathfrak{a}_m$ sont égaux à partir d'un certain rang $m = \mu$ à un même idéal $\mathfrak{a}$. En posant $\mathfrak{c} = \mathfrak{a} : u_0$, on a, pour $\mu \geqq m : \mathfrak{c}_m = \mathfrak{c}$ et il en résulte immédiatement $\overline{\mathfrak{C}} = \mathfrak{c}$.

On peut de plus apporter les précisions suivantes : On a

$$\mathfrak{a}_{\gamma_1} = (\varphi, u_1, \ldots, u_{\gamma_1-1}, u_{\gamma_1}) = (\varphi, \overline{F}_1 u_0, u_1, \ldots, u_{\gamma_1-1}),$$

et, en tenant compte de la définition de γ_1

$$\mathfrak{a} = \mathfrak{a}_{\gamma_1} = \mathfrak{a}_{\gamma_1+1} = \ldots, \neq \mathfrak{a}_{\gamma_1-1}, \qquad \mathfrak{c} = \mathfrak{c}_{\gamma_1} = \mathfrak{c}_{\gamma_1+1} = \ldots, \neq \mathfrak{c}_{\gamma_1-1}.$$

Le rang exact à partir duquel les idéaux des suites (5) *et* (6) *sont égaux n'est donc autre que le degré minimum* γ_1 *des surfaces contenant* C. *Enfin on a*

$$\mathfrak{C} = \mathfrak{a}_{\gamma_1} : u_0 = [\overline{F}_1, (\varphi, u_1, \ldots, u_{\gamma_1-1}) : u_0].$$

---

(1) Voir par exemple B. L. VAN DER WAERDEN, *Moderne Algebra*, 2, Chap. XII, § 80.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la caractérisation topologique des surfaces de Riemann.* Note (1) de M. **Simon Stoïlow**.

1. La notion de surface de Riemann peut, comme on sait, être définie *a priori*, indépendamment de toute fonction analytique (voir, par exemple, H. Weyl : *Die Idee der Riemannschen Flaeche*, p. 36). Une telle définition peut toujours être encadrée dans la théorie des espaces abstraits. Caractériser, de ce point de vue, topologiquement les surfaces de Riemann, c'est définir, *par leurs caractères topologiques*, la classe de variétés que l'on obtient, par les transformations biunivoques et bicontinues quelconques, appliquées aux surfaces de Riemann.

Le but de cette Note est de montrer comment la notion de *transformation intérieure* [c'est-à-dire transformation continue qui conserve les notions d'*ensemble ouvert* et de *continu*], notion que j'ai étudiée dans plusieurs Mémoires antérieurs, permet de caractériser topologiquement les surfaces de Riemann sans avoir recours aux axiomes dits de triangulabilité ou de dénombrabilité habituellement employés dans ce problème.

2. Considérons un espace abstrait, de ceux que M. Fréchet a appelés accessibles, et qui peut être défini comme ensemble d'éléments quelconques satisfaisant aux trois axiomes que M. Kuratowski (voir *Topologie*, Varsovie-Lwow, 1933, p. 15) a formulés de la manière suivante :

1° à chaque ensemble X d'éléments de l'espace correspond un ensemble $\overline{X}$ appelé sa *fermeture* : on a, pour X_1 et X_2 quelconques,

$$\overline{X_1 + X_2} = \overline{X_1} + \overline{X_2};$$

2° un ensemble formé d'un seul élément (ou vide) est sa propre fermeture;

3° quel que soit X, on a

$$\overline{\overline{X}} = \overline{X}.$$

Les notions d'ensemble fermé ou ouvert, de continu, de transformation continue, se trouvent implicitement définies par ces axiomes.

On dira que l'espace considéré est une *variété à deux dimensions* s'il est connexe et si, pour chacun de ses éléments, il existe au moins un ensemble ouvert le contenant, qui est homéomorphe au plan euclidien.

(1) Séance du 2 janvier 1935.

3. Ces définitions rappelées on peut énoncer la proposition suivante : *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une variété à deux dimensions soit homéomorphe à une surface de Riemann, est qu'il existe une transformation intérieure de cette variété la transformant en une région de la sphère euclidienne.*

La condition est, évidemment, nécessaire, car sur toute surface de Riemann existe une fonction analytique et, d'autre part, toute fonction analytique est une transformation intérieure de sa surface de Riemann.

J'ai démontré (1) que, au point de vue de l'inversion locale, les transformations intérieures se comportent topologiquement comme les fonctions analytiques dans leurs domaines de régularité. Il suffit donc, pour démontrer que la condition de l'énoncé est suffisante, de s'assurer que l'ensemble des feuillets superposés, appliqués par la transformation intérieure sur la sphère, peut être décomposé en une infinité dénombrable de domaines fermés polyédriques, c'est-à-dire : est une surface de Riemann.

Soient (γ) les cercles tracés sur la sphère ayant pour centre un point à coordonnées rationnelles et de rayon rationnel. Pour chaque point p de la variété il existe un cercle γ_P comprenant à son intérieur l'image P de p, pour lequel les points d'un certain voisinage de p forment un domaine Δ_p se transformant en γ_P de manière que les frontières se correspondent. Tout revient à montrer qu'il n'y a qu'une infinité dénombrable de Δ_p *distincts*. La connexion de la variété et le théorème de Borel-Lebesgue montrent que l'ensemble des Δ_p est dénombrable si tous les Δ_p qui ont des points intérieurs communs avec l'un d'entre eux forment un ensemble au plus dénombrable. Or ceci est une conséquence immédiate du fait que deux Δ_p relatifs à un *même* γ ne peuvent avoir des points intérieurs communs et que les points d'un Δ_p qui ont même image sont en nombre fini.

4. On sait que les transformations biunivoques et bicontinues d'une variété en un sous-ensemble d'une autre de même dimension conservent la notion d'ensemble ouvert et, naturellement, celle de continu ; ce sont donc des transformations intérieures.

La proposition de plus haut apparaît, dès lors, comme une extension d'un théorème topologique bien connu (2) concernant les surfaces quasi simples (schlichtartig).

---

(1) *Annales sc. de l'École Normale*, 45, 1928, p. 367, et *Annales de l'Institut H. Poincaré*, 2, 1932, p. 251.

(2) Voir B. de Kerékjartó, *Vorlesungen über Topologie*, p. 165.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certains réseaux.*
Note (¹) de M. **Georges Tzitzéica**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Les invariants de Darboux

$$h = a_u + ab - c, \qquad k = b_v + ab - c,$$

de l'équation de Laplace

$$x_{uv} + a x_u + b x_v + c x = 0,$$

qui correspond à un réseau (x) d'un espace projectif à n dimensions, sont des invariants relatifs. C'est le rapport $h : k$ qui est un invariant absolu pour le groupe

$$x = \lambda(u, v)X, \qquad u = f(\alpha), \qquad v = g(\beta).$$

Il est donc naturel, dans une étude systématique, de considérer en premier lieu les réseaux (x) pour lesquels on a $h : k = m = \text{const}$. Cependant on n'a étudié que le cas $m = 1$ des réseaux à invariants égaux. Je me propose de donner pour le cas $m \neq 1$ quelques résultats que je crois intéressants.

Pour caractériser les réseaux de cette classe, je considère les coniques C_1 et C_{-1} de Kœnigs attachées à chaque point x du réseau. Les coniques étant bitangentes, toute sécante qui passe par x les coupe suivant quatre points qui ont le même rapport anharmonique. Ce rapport anharmonique varie, en général, avec le point x du réseau. Il n'est constant que dans le cas $h : k = m$. Nous dirons d'un tel réseau qu'il est à invariant absolu constant.

2. Je considère maintenant un cas particulier de la classe précédente de réseaux. Je suppose que l'on ait en même temps $h : k = m$ et $h_1 : k_1 = m_1$, c'est-à-dire que les réseaux (x) et (x_1), transformés de Laplace l'un de l'autre, soient tous les deux à invariant absolu constant. Il est aisé de démontrer que dans ce cas tous les réseaux de la suite de Laplace de (x) sont à invariant absolu constant, qui n'est pas le même d'un réseau à l'autre.

Pour qu'il en soit ainsi, il faut et il suffit que l'on ait

$$(\log h)_{uv} = \left(2 - \frac{1}{m} - m_1\right)h, \; h = mk.$$

(¹) Séance du 2 janvier 1935.

Il y a, manifestement, deux cas à considérer, selon que l'on a

$$2 - \frac{1}{m} - m_1 \pm 0 \qquad \text{ou} \qquad = 0.$$

Dans le premier cas, l'équation de Laplace du réseau (x) se ramène à l'équation $E(\beta, \beta')$, étudiée par Darboux dans ses *Leçons sur la théorie des surfaces*. On a ainsi une interprétation géométrique intéressante des réseaux qui correspondent à une telle équation.

Dans le second cas, on peut amener l'équation de Laplace à avoir les invariants h et k de Darboux constants.

3. Les réseaux à invariants de Darboux constants jouissent de propriétés particulièrement intéressantes. Si l'on a un tel réseau, tous les réseaux de la suite de Laplace qu'on en déduit ont des invariants constants. Tous ces réseaux sont à invariants distincts ou bien tous à invariants égaux.

Parmi les transformés de Lévy d'un réseau (x) à invariants constants, il y en a une infinité, dans un sens et dans l'autre, aux mêmes invariants que le réseau (x). On peut démontrer que cette propriété caractérise les réseaux à invariants constants.

4. Des considérations géométriques que je ne peux pas développer ici montrent que parmi les réseaux à invariants constants il y a une infinité de réseaux R de notre espace.

GÉOMÉTRIE. — *Une nouvelle conception de l'espace physique.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

En mécanique ondulatoire, on admet parmi les premiers postulats l'existence d'un espace euclidien à trois dimensions, dit espace physique (où l'on sait définir des trièdres de référence), dans lequel se déplacent les corpuscules. La construction d'une théorie qui soit véritablement physique exige donc l'existence réelle de trièdres, ainsi que de règles pour mesurer les distances, d'horloges pour mesurer le temps. Or, si ces objets existent en mécanique macroscopique qui dérive de la notion de corps solide et de celle de déplacement, ils ne peuvent plus avoir de réalité tout au moins *a priori* dans un univers où l'on n'admet que l'existence de corpuscules, comme le suppose la théorie atomique.

Pour lever cette difficulté, la première pensée qui vient à l'esprit est de diviser les objets physiques en deux classes : *a*, ceux qui sont à notre échelle

et dont les mouvements suivent les lois de la physique classique; grâce à ces corps nous pouvons définir des trièdres de référence; *b*, les corpuscules qui constituent les éléments des atomes pour lesquels la mécanique ondulatoire nous fournit des lois de mouvement par rapport à un trièdre galiléen.

Il importe ensuite que, par une étude des systèmes de corpuscules, on établisse la possibilité pour certains systèmes de constituer un corps solide, ou tout au moins la possibilité de définir des trièdres de références physiques. Voilà qui justifierait la distinction faite au début entre les deux sortes d'objets physiques en établissant que les corps solides ne sont que certains ensembles de corpuscules.

Mais, outre qu'une telle méthode est compliquée, elle ne saurait constituer qu'un pis aller, car si elle démontre la cohérence de la mécanique ondulatoire, elle n'est pas une théorie atomique constructive puisqu'elle présuppose la connaissance du corps solide. Il convient donc de chercher une autre méthode qui ne fasse pas appel, tout au moins comme notion première, à des dérivés de la notion de corps solide. Celle-ci d'ailleurs ne sert pas seulement de base à la mécanique classique, mais aussi à la géométrie euclidienne et à la notion d'horloge. Par suite, les notions d'espace euclidien et d'espace-temps disparaissent et ne peuvent plus avoir qu'un sens statistique qui devra apparaître au cours du développement de la théorie constructive.

Le fait de renoncer totalement et non plus seulement apparemment à la notion de corps solide entraîne aussitôt l'abandon de toutes les notions usuelles. Nous restons seulement avec les corpuscules dont les expériences récentes nous conduisent à postuler l'existence sans que nous puissions nous en faire une image. Dans ces conditions, voici la construction que nous proposons d'un espace physique directement basé sur la notion de corpuscule : *Concept corpuscule*.

Postulat 1. — *Les corpuscules se rangent en plusieurs classes caractérisées par certains nombres comme la masse et la charge. Deux corpuscules d'une même classe sont indiscernables l'un de l'autre.*

Postulat 2. — *On peut caractériser des ensembles de corpuscules*, c'est-à-dire qu'on peut définir une correspondance biunivoque entre des corpuscules et certains ensembles abstraits, et qu'on sait reconnaître si un corpuscule appartient ou non à un ensemble donné.

Ceci admis, nous devons chercher à organiser des ensembles de corpuscules dans un espace à la manière dont M. Fréchet introduit des considérations topologiques dans des classes abstraites.

L'espace que nous allons définir jouera le rôle d'espace physique qui était dévolu à l'espace euclidien dans les théories classiques.

Lorsqu'on veut construire physiquement l'espace euclidien à partir de la notion de corps solide, on introduit à côté des corps solides considérés des éléments fictifs dits géométriques qui les prolongent.

Pour construire l'espace physique en partant de la notion de corpuscule, nous devons faire de même, et si nous voulons introduire des considérations géométriques, associer aux corpuscules des éléments fictifs que nous appellerons *corpuscules fictifs*, lesquels peuvent être imaginés comme des cases où se placeront des corpuscules réels.

La notion de proximité étant la notion fondamentale de la topologie, il nous faut définir les voisinages d'un corpuscule. Comme premier voisinage nous adopterons l'ensemble du corpuscule considéré et des positions que pourrait occuper un corpuscule qui serait en choc avec lui. Deux corpuscules *en choc* a et b seront encore dits *en contact* ou *conjugués* et désignés par $(a|b)$. Nous introduisons donc le *concept corpuscules conjugués*.

Par définition, *un corpuscule (réel ou fictif) sera dit appartenir au $n^{ième}$ voisinage d'un corpuscule s'il appartient ou bien au $(n-1)^{ième}$ voisinage, ou bien au premier voisinage de l'un quelconque des corpuscules du $(n-1)^{ième}$ voisinage*.

Postulat 3. — *L'espace corpusculaire* ($\mathfrak{C}$) *est un continu*, c'est-à-dire connexe et fermé.

Postulat 4. — *Le premier voisinage de tout corpuscule est fini*, c'est-à-dire que l'espace ($\mathfrak{C}$) est un espace de Linfield (¹).

Il est naturel d'admettre que l'espace physique est homogène, d'où :

Postulat 5. — *L'espace* ($\mathfrak{C}$) *est topologiquement homogène.*

Postulat 6. — *Enfin l'espace* ($\mathfrak{C}$) *a trois dimensions au sens de Linfield* (¹), c'est-à-dire qu'il existe des ensembles de quatre points tous conjugués entre eux (nœuds).

Ces postulats déterminent un espace et ils ne sont pas contradictoires. En effet, il suffit de citer un exemple : si l'on considère un pavage de l'espace euclidien en cubes et que l'on prenne pour premier voisinage d'un cube donné l'ensemble des cubes ayant au moins un sommet en commun avec ce cube, on constate aisément que l'espace ayant pour points ces cubes est un espace satisfaisant aux postulats que nous avons énoncés.

(¹) B. Z. LINFIELD, *Thèse de Doctorat*, Strasbourg, 1925.

Dans l'espace ($\mathfrak{C}$), à l'encontre de l'espace euclidien, nous n'aurons pas à introduire des postulats de caractère non purement topologique.

Il reste à montrer qu'à partir de cet espace on retrouve l'espace euclidien à l'échelle macroscopique.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Quadriques à un paramètre touchant leur enveloppe suivant deux coniques.* Note de M. **B. Gambier.**

1. La quadrique à un paramètre, la plus générale dont la caractéristique se décompose en deux coniques, est représentable par l'équation

$$(1)\qquad Q \equiv \int_{\lambda_0}^{\lambda} (\alpha x + \alpha' y + \alpha'' z + \alpha''' t)(\beta x + \beta' y + \beta'' z + \beta''' t)\, d\lambda + Q_0$$

où Q_0 est une quadrique numérique par rapport à λ, et où $\alpha, \alpha', \ldots, \beta'''$ désignent des fonctions de λ arbitraires. Chaque conique caractéristique a pour lieu une surface admettant ∞^1 coniques et, le long de chacune, une quadrique de raccord. On retrouve ainsi les surfaces (B) que M. Blutel a étudiées dans sa Thèse [1], en se bornant comme quadrique de raccord au cône circonscrit du second degré : l'avantage de l'introduction de la quadrique de raccord générale, c'est qu'elle fait intervenir une fonction arbitraire d'un argument et fait ainsi correspondre à toute surface (B) déjà connue une infinité de surfaces *associées* de même définition, dépendant d'une fonction arbitraire. Cela permet, en remarquant qu'une quadrique *arbitraire numérique* Q_0, choisie à l'avance et découpée par les plans tangents P d'une développable, est une surface (B), d'obtenir la surface (B) générale au moyen de cette quadrique initiale par trois transformations de la nature précédente : on écrit

$$(2)\qquad \begin{cases} Q_1 \equiv Q_0 + \varphi P^2, & \dfrac{dQ_1}{d\lambda} = PP_1, & P_1 = \varphi' P + 2\varphi P', \\ Q_2 \equiv Q_1 + \varphi_1 P_1^2, & \dfrac{dQ_2}{d\lambda} = P_1 P_2, & P_2 = \varphi'_1 P_1 + 2\varphi_1 P'_1 + P, \\ Q_3 \equiv Q_2 + \varphi_2 P_2^2, & \dfrac{dQ_3}{d\lambda} = P_2 P_3, & P_3 = \varphi'_2 P_2 + 2\varphi_2 P'_2 + P_1, \end{cases}$$

formules où φ, φ_1, φ_2 sont des fonctions de λ arbitraires; P désigne $x + \lambda y + z f_1 + t f_2$ où f_1 et f_2 sont deux autres fonctions arbitraires de λ;

[1] *Annales de l'École Normale*, 3e série, 7, 1890, p. 155.

la conique définie par les équations $Q_3 = 0$, $P_3 = 0$ engendre la surface (B) générale qui dépend de cinq fonctions arbitraires d'une variable. Enfin la quadrique *générale* Q de la formule (1) peut être représentée, *sans aucun signe de quadrature* par l'équation obtenue en poussant la transformation un rang plus loin,

$$(3) \qquad Q \equiv Q_3 + \varphi_3 P_3^2, \qquad \frac{dQ}{d\lambda} = P_3 P_4, \qquad P_4 = \varphi_3' P_3 + 2\varphi_3 P_3' + P_2.$$

Il est très remarquable que les 10 quadratures $\int \alpha\beta\, d\lambda, \ldots, \int (\alpha\beta' + \alpha'\beta)\, d\lambda \ldots$ que l'on a à effectuer dans (1) puissent être ainsi exprimées toutes en termes finis grâce à ce procédé si simple. Pour une même surface (B), *en faisant varier la quadrique* Q_0 *numérique de départ*, on obtient une représentation (2) bien déterminée, quand Q_0 est choisie. La représentation *canonique* s'obtient en supposant que Q_0 disparaisse identiquement.

La forme (1) démontre aussitôt le résultat suivant : *si les plans des deux coniques caractéristiques passent tous deux par un même point fixe* O, *le lieu des sommets des cônes circonscrits à* Q (*ou aux deux surfaces* B *déduites de* Q) *le long de la conique caractéristique est une courbe plane située dans le plan polaire de* O *relativement à* Q_0 ; c'est évident si, par homographie, on prend pour O le point (0, 0, 0, 1). On remarquera d'ailleurs que la définition des surfaces (B) est *dualistique*.

2. Si β, β', β'', β''' coïncident respectivement avec α, α', α'', α''' la quadrique Q est osculatrice à son enveloppe le long de la conique. Quand les deux coniques sont distinctes, il est clair que la congruence formée par les génératrices de Q, *dans l'un ou l'autre système*, admet pour nappes focales les deux surfaces associées (B_1), (B_2) engendrées par les deux coniques; si donc les deux coniques se confondent, les deux nappes focales se confondent aussi, de sorte que les génératrices des quadriques sont *les tangentes asymptotiques de la surface unique*, (B) *obtenue* quand chaque quadrique est osculatrice à son enveloppe. Quand on donne *a priori* une surface (B), pour reconnaître si parmi les quadriques de raccord, il y en a qui sont osculatrices à (B), il suffit d'appliquer le criterium suivant : chaque conique tracée sur (B) a une enveloppe qu'elle touche en deux points K, K'; le cône circonscrit à B le long d'une conique admet une développable enveloppe qu'il touche suivant deux génératrices SH, SH'; en appelant H, H' les pieds sur la conique de ces deux génératrices, il est nécessaire et suffisant que les deux points H, H' coïncident avec les points K et K'.

3. En revenant aux surfaces (B) générales, M. Blutel a démontré que

les conjuguées des coniques divisent homographiquement ces coniques; de cette belle proposition résulte que l'on peut donner une représentation paramétrique explicite des coordonnées de la surface au moyen des variables λ, μ où les courbes $\lambda = \text{const.}$ sont les coniques, les courbes $\mu = \text{const.}$ les conjuguées des coniques. J'ai donné une démonstration purement géométrique de cette proposition. Dans le cas général, en chaque point de l'arête de rebroussement de la surface B, arête constituée par l'enveloppe de la conique, il ne passe qu'une asymptotique de la surface, admettant ce point comme point triple à tangente unique; l'image de l'asymptotique sur le plan auxiliaire (λ, μ) est tangente à la conjuguée $\mu = \text{const.}$, tandis que sur la surface elle est au contraire tangente à la conique $\lambda = \text{const.}$

4. La surface $x^3 + 3yzt = 0$ admet trois séries de quadriques osculatrices le long d'une conique. La surface réglée générale du troisième degré admet deux séries de coniques lui assurant la nature B et ces deux séries de coniques forment précisément un système doublement de Kœnigs; les cyclides de Dupin possèdent la propriété analogue.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la mesure des aires dans les espaces de Finsler.* Note de M. **St. Golab**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans les espaces de Finsler la métrique est définie au moyen d'une fonction

$$(1) \qquad \mathcal{F}(x^1, \ldots, x^n; p^1, \ldots, p^n),$$

qui est positive et en outre positivement homogène de degré 1 par rapport aux variables $p^1, \ldots, p^n$. La fonction $\mathcal{F}$ dépend donc non seulement du point $x^1, \ldots, x^n$, mais encore de l'élément linéaire (ou de l'élément d'appui) $p^1, \ldots, p^n$. C'est la cause pour laquelle les questions métriques ne se présentent pas sous une forme aussi claire et univoque que dans les espaces riemanniens. Pour les ensembles à une dimension on n'a pas de difficultés parce qu'on peut en général déterminer en chaque point d'un tel ensemble une direction d'une façon univoque, notamment la direction tangente, tandis que pour les ensembles à plusieurs dimensions un tel choix n'est pas possible. Bornons-nous au cas des surfaces (ensembles à deux dimensions) et supposons (ce qu'on peut faire sans restreindre la généralité du raisonnement) que notre espace de Finsler possède lui-même deux dimensions ($n = 2$). Envisageons une portion bornée (D) de notre espace et dans le domaine (D)

une congruence de courbes donnée par l'intermédiaire des équations

$$x^i = \varphi^i(t, a) \qquad (i = 1, 2), \tag{2}$$

où t varie le long des courbes de la congruence, a étant le paramètre de la famille. M. Landsberg a défini la mesure du domaine (D) en fonction de la congruence choisie (2) de la façon suivante. Désignons par $\mathcal{G}$ la valeur commune des rapports

$$\mathcal{G}(x^1, x^2; p^1, p^2) = \frac{\mathcal{F}_{11}}{(p^2)^2} = -\frac{\mathcal{F}_{12}}{p^1 p^2} = \frac{\mathcal{F}_{22}}{(p^1)^2}, \tag{3}$$

où nous avons posé

$$\mathcal{F}^i = \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial p_i}, \qquad \mathcal{F}_{ij} = \frac{\partial^2 \mathcal{F}}{\partial p^i \partial p^j}. \tag{4}$$

La mesure Ω du domaine (D) est ensuite définie comme l'intégrale

$$\Omega = m(\mathrm{D}) = \iint_{(\mathrm{D})} \sqrt{\mathcal{F}^3 \mathcal{G}}\, dx^1\, dx^2. \tag{5}$$

Dans la fonction sous le signe de l'intégrale, il faut substituer

$$p^i = \frac{\partial \varphi^i}{\partial t}, \tag{6}$$

et en outre, au lieu de (t, a), les composantes de la transformation réciproque à (2). Dans le cas spécial où

$$\mathcal{F} = \sqrt{\sum_{i,j=1}^{2} g_{ij}(x^1, x^2)\, p^i p^j}, \tag{7}$$

c'est-à-dire où l'espace est riemannien, la valeur Ω est indépendante du choix de la congruence (2) et se confond avec la mesure classique de la géométrie de Riemann. L'invariant intégral Ω dépend évidemment des deuxièmes dérivées de la fonction $\mathcal{F}$.

Or on peut définir la mesure du domaine (D) d'une autre façon comme invariant intégral du premier ordre, notamment

$$\overline{m}(\mathrm{D}) = \overline{\Omega} = \iint_{(\mathrm{D})} \mathcal{F}\left[x^1, x^2; -\mathcal{F}_2\left(x^1, x^2; \frac{\partial \varphi^1}{\partial t}, \frac{\partial \varphi^2}{\partial t}\right), \mathcal{F}_1\left(x^1, x^2; \frac{\partial \varphi^1}{\partial t}, \frac{\partial \varphi^2}{\partial t}\right)\right] dx^1\, dx^2. \tag{8}$$

On démontre facilement que $\overline{\Omega}$ dépend seulement du choix de la congruence (2) et ne dépend pas de la représentation paramétrique de cette

congruence. Dans le cas spécial (7), la formule (8) se réduit à la formule classique

$$\overline{\Omega} = \int\int_{(D)} \sqrt{g_{11}g_{22} - (g_{12})^2}\, dx^1\, dx^2, \tag{9}$$

et, dans ce cas-là, $\overline{\Omega}$ est indépendante de la famille (2).

Quelques applications de la définition précédente seront indiquées ailleurs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la méthode du balayage de Poincaré étendue par M. de La Vallée Poussin, et ses rapports avec le problème de Dirichlet généralisé.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Henri Villat.

On connaît les résultats, extrêmement importants, obtenus par M. de La Vallée Poussin, dans l'étude des masses issues du balayage qu'il a eu l'idée de faire ([1]). On peut compléter ces résultats, grâce au raccord qu'il y a lieu de faire entre la méthode employée par lui et le problème de Dirichlet généralisé. Voici d'abord quelques résultats utiles relatifs aux fonctions harmoniques, en général, ainsi qu'à ce dernier problème.

I. *Il ne peut y avoir deux fonctions harmoniques bornées, distinctes, dans un domaine Ω (ensemble ouvert), si leur différence tend vers zéro partout sur sa frontière Σ (bornée), sauf sur un ensemble impropre de celle-ci* ([2]).

M. G. C. Evans, ayant démontré récemment ([3]) que tout ensemble de capacité positive a au moins un point régulier, il en résulte, comme nous l'avions énoncé autrefois (*loc. cit.*, p. 110, n° 45), que :

L'ensemble des points irréguliers de la frontière d'un domaine est impropre.

On conclut de là l'énoncé qui suit :

II. *Si deux fonctions harmoniques bornées dans Ω coïncident aux points réguliers de Σ, elles sont identiques.*

III. *Si une fonction harmonique bornée dans Ω est continue aux points de Σ, sauf aux points d'un ensemble s de capacité nulle de celle-ci, elle admet dans Ω le même maximum et minimum que sur Σ — s.*

---

(1) *Annales de l'Institut Poincaré*, 3, 1932, p. 175.

(2) Voir Florin Vasilesco, *Journ. de Math.*, 9, fasc. I, 1930, p. 100.

(3) *Proc. N. Acad. of Sc.*, 19, 1933, p. 457.

Relativement au problème Dirichlet généralisé, on a le résultat suivant :

IV. *On peut définir la solution du problème de Dirichlet généralisé au moyen de domaines normaux tendant vers* Ω *d'une manière quelconque, et non plus seulement par l'intérieur de* Ω. *On suppose* Ω *sans frontière intérieure* (*loc. cit.*, 9, p. 99, n° 29).

En effet, si F(P) est une fonction continue dans une région contenant Σ, qui coïncide avec les valeurs données $F(p)$ sur Σ, on voit qu'il suffit d'examiner le cas de $F(p)$ sous-harmonique [1]. Alors il y a une fonction harmonique limite lorsqu'on s'approche de Ω par des domaines normaux extérieurs, et il suffit de montrer que cette limite coïncide avec celle obtenue par l'intérieur. D'après II, il suffit encore de montrer que ces deux fonctions coïncident aux points réguliers. Pour le voir, on peut considérer un domaine normal D (il en existe) contenant $\Omega+\Sigma$ à l'intérieur, et n'ayant sur sa frontière f qu'un point régulier p de Σ. Si σ_n est une sphère de rayon ε_n, centrée en p, et $v_n(P, p)$ la fonction harmonique dans $D+\sigma_n$ prenant en un point q de sa frontière la valeur $r=\overline{pq}$, les fonctions harmoniques prenant sur Σ_k, frontière d'un domaine normal approchant Ω par l'extérieur, sont, pour K assez grand, comprises entre

$$F(p)+\frac{M}{b}v_n(P, p)+\frac{\varepsilon}{2} \quad \text{et} \quad F(p)-\frac{M}{b}v_n(P, p)-\frac{\varepsilon}{2},$$

où M et b sont des constantes et σ une sphère où $|F(P)-F(p)|<\varepsilon/2$. Il en est de même de leur limite. Mais les v_n tendent vers la fonction harmonique dans D, pareillement définie et égale à zéro en p. Le théorème en résulte. La démonstration est à peine modifiée si Ω est non borné.

Venons-en aux recherches de M. de La Vallée Poussin (*loc. cit.*, p. 200 et suiv.). On a les résultats suivants :

V. *Si* S *est une surface irrégulière simple ou multiple, le balayage d'une masse définie comme une fonction d'ensemble située dans le domaine* A *qu'elle limite, masse dont le potentiel* U *est continu sur* S, *donne une distribution* $\mu(S)$, *dont le potentiel* V *est égal à* U *à l'extérieur de* S, *est déterminé sur* S, *et est égal à la solution du problème de Dirichlet généralisé dans* A, *pour les valeurs* U *sur* S.

Grâce à l'unicité de cette solution, on a le théorème suivant :

VI. Théorème d'unicité. — *Il n'y a qu'une distribution sur* S *donnant un*

[1] Voir G. Bouligand, *Ann. Soc. polonaise de Math.*, 9, 1925, p. 75.

potentiel égal à U, *à l'extérieur de* S, *et inférieur à* U, *à l'intérieur : celle*, $\mu(S)$, *issue du balayage.*

On le voit en remarquant que s'il y en avait une autre, $\mu'(S)$, de potentiel V′, en faisant son balayage sur une surface régulière extérieure à S et tendant vers elle, le potentiel intérieur diminue et tend (IV) vers la solution du problème de Dirichlet généralisé dans S, donc vers V, qui, d'autre part, se définit à l'aide de U à l'intérieur de S. Donc V′ coïncide avec V, et le théorème de Gauss montre que $\mu(S) = \mu'(S)$.

VII. Valeur du potentiel sur S. Continuité. — *Le potentiel dû à la distribution* $\mu(S)$ *prend, en tout point* Q *de* S, *pour valeur, la plus petite limite* $U(Q) - \lambda$ *de ses valeurs intérieures à* S *en ce point.*

Il est donc continu en tout point de S *où sa limite par l'intérieur est unique, donc égale à* U(Q). *Ces points contiennent tous les points réguliers de* S, *et, en particulier, ceux en lesquels* S *satisfait à la condition de Poincaré.*

Par exemple, le balayage d'une masse unité concentrée en un point P du domaine donne une distribution $\mu(S, P)$, dont le potentiel est égal à $1/r - G(M, P)$, $G(M, P)$ étant la fonction de Green généralisée. Il est donc continu aux points réguliers, et discontinu aux points irréguliers.

Si le domaine A est non borné, les résultats précédents sont encore valables, mais la masse ne vient plus tout entière sur S, qui peut être formée d'une ou plusieurs surfaces. En ce cas, on a le résultat suivant :

VIII. Problème de Robin. — *On peut trouver, à volonté, une distribution sur* S, *dont la masse soit donnée et produise un potentiel constant dans* S, *ou bien dont la masse produise un potentiel constant donné dans* S. *Une telle distribution, si elle provient du balayage, est unique.*

Si la constante est l'unité, la distribution est celle d'équilibre et donne le potentiel conducteur.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions continues d'une variable réelle qui possèdent un théorème d'addition algébrique.* Note de M. **Robert Meynieux**, présentée par M. Hadamard.

1. D'après Weierstrass, si une fonction analytique $f(x)$ admet un théorème d'addition algébrique $F[f(x), f(y), f(x+y)] = 0$, où $F(X, Y, Z)$ est un polynome à trois variables, cette fonction est fonction algébrique, ou bien de x, ou bien de e^{mx} (m désignant une constante), ou bien d'une

fonction elliptique px (¹). Nous désignerons de telles fonctions par l'expression fonctions W : ces fonctions se répartissent en corps algébriquement fermés. M. Kœbe (*loc. cit.*) a montré que si dans le théorème on remplace $f(x)$, $f(y)$ et $f(x+y)$ par trois fonctions différentes $f(x)$, $g(y)$, $h(x+y)$, ces fonctions sont des fonctions W d'un même corps.

M. J. F. Ritt (²) cherche une fonction réelle continue $f(x)$ de la variable réelle x, définie dans l'intervalle $0 \leqq x \leqq a$ et admettant un théorème d'addition algébrique; en supposant la fonction non constante et le polynome $F(X, Y, Z)$ irréductible, il trouve, parmi d'autres résultats, celui-ci : l'intervalle $(0, a)$ peut être partagé en un nombre fini d'intervalles partiels dans chacun desquels $f(x)$ coïncide avec une fonction W toujours d'un même corps. M. Montel (³), étudiant indépendamment le même problème, donne en particulier de ce théorème une nouvelle démonstration qu'il suffit de modifier légèrement pour résoudre le problème suivant :

Étant donné trois variables x, y, z, liées par la relation $x+y+z=0$, et le domaine Δ défini par les intervalles $a \leqq x \leqq a'$, $b \leqq y \leqq b'$, $c \leqq z \leqq c'$, quelles sont les fonctions continues $X=f(x)$, $Y=g(y)$, $Z=h(z)$, qui vérifient dans Δ une équation algébrique $F(X, Y, Z)=0$? Si aucune des trois fonctions n'est constante dans un intervalle partiel, on trouve que *ces fonctions coïncident, par morceaux en nombre fini, avec des fonctions* W, *toutes d'un même corps* (même si le polynome F est réductible).

Quand le polynome $F(X, Y, Z)$ est irréductible, on peut, en généralisant une démonstration de M. Ritt (*loc. cit.*), démontrer la relation suivante entre les diverses fonctions W avec lesquelles peut successivement coïncider $f(x)$: *si $f_0(x)$ est l'une d'elles, les autres sont de la forme $f_0(\varepsilon x+\alpha)$, où α est une constante, et ε une racine de l'unité.* Mais il n'est plus vrai, comme dans le cas où se place M. Ritt, qu'on puisse toujours prendre $\varepsilon = 1$; on peut seulement dire qu'on peut prendre pour ε une racine d'ordre 2^m, où $m \geqq 0$.

2. Considérons $n+2$ fonctions continues $X_1=f_1(x)$, $X_2=f_2(x)\ldots$, $X_n=f_n(x)$, $Y=g(y)$, $Z=h(z)$, et supposons qu'elles vérifient dans Δ

(¹) Pour la démonstration, voir, par exemple, E. Phragmén, *Acta mathematica*, 7, 1885, p. 33-42; P. Kœbe, *Inaugural Dissertation*, (Berlin, 1905; *Mathematische Abhandlungen H. A. Schwarz zu seinem fünfzigjährigen Doctorjubiläum gewidmet*, 1914, p. 192-214).

(²) *Transactions of the American Mathematical Society*, 29, 1927, p. 361-368.

(³) *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*. 3ᵉ série, 48, 1931, p. 65-94.

une équation algébrique $F(X_1, \ldots, X_n, Y, Z) = 0$. Supposons de plus que $g(y)$ et $h(z)$ ne soient constantes dans aucun intervalle partiel, et que dans aucun intervalle partiel il n'y ait entre les $f_i(x)$ de relations algébriques qui suffisent à annuler F. On trouve alors ceci : *les fonctions $g(y)$ et $h(z)$ coïncident, par morceaux en nombre fini, avec des fonctions* W *toutes d'un même corps; et l'on peut partager l'intervalle de variation de x en un nombre fini d'intervalles partiels, dans chacun desquels il y a, entre les $f_i(x)$ et les fonctions* W *de la variable x appartenant au corps considéré, certaines relations algébriques qui, avec $Y = g(y)$, $Z = h(z)$ et $x + y + z = 0$, entraînent* $F = 0$. La démonstration repose sur la considération d'une infinité continue d'hexagones, à côtés parallèles aux axes, inscrits dans trois courbes du plan des Y, Z obtenues à partir de l'équation $F = 0$ en donnant à x trois valeurs convenables.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Le maximum de probabilité dans les mouvements permanents. Application à la turbulence.* Note [1] de MM. **G. Dedebant**, **Ph. Wehrlé**, **Ph. Schereschewsky**, présentée par M. R. Bourgeois.

1. *Probabilité d'une configuration à une échelle quelconque.* — Soit un volume fluide composé de N particules de coordonnées (ξ, η, ζ) et de vitesse (U, V, W). Dans l'espace généralisé à six dimensions « position-vitesse », de volume total G et de volume élémentaire dg, ces N particules sont représentées par N points. La probabilité ϖ de la « configuration » définie par la loi de distribution : $dn = NF(\xi, \eta, \zeta; U, V, W)\,dg$, a pour logarithme

$$\log\varpi = -N\left(\log G + \int_G F \log F\, dg\right).$$

La fonction F satisfaisant d'ailleurs à la condition $\int_G F\,dg = 1$.

Contrairement à l'habitude prise en mécanique statistique de ne considérer que le nombre de cas favorables (le numérateur de ϖ), la formule précédente tient compte du nombre de cas possibles (le dénominateur de ϖ) et représente par conséquent la probabilité elle-même. Il est à noter que l'expression complète de ϖ contient une part d'arbitraire qui est N (les

(1) Séance du 7 janvier 1935.

dimensions et la nature de la particule élémentaire dépendant de l'échelle adoptée). On ne pourra donc comparer *objectivement* que les probabilités de configurations de systèmes offrant *le même degré de complexité*.

Admettant que les probabilités de position et de vitesse sont *indépendantes*, F est le produit de deux fonctions $h(\xi, \eta, \zeta)$ et $f(U, V, W)$, et l'espace G se divise en deux espaces à trois dimensions O et Ω.

La condition classique $\int_G F\,dg = 1$ se dissocie en deux :

$$\int_O h\,do = 1 \qquad \text{et} \qquad \int_\Omega f\,d\omega = 1.$$

Si le fluide est *homogène*, la fonction h a la valeur constante $1/V$, V étant le volume *effectivement occupé* par le fluide.

Sous réserve que le *théorème de Liouville* soit applicable, l'expression de la probabilité devient alors

$$\log \varpi = -N\left[\log G - \log V + \int_\Omega f \log f\,d\omega\right].$$

Si l'on prend l'écart type des vitesses et le volume du fluide comme unités de mesure, $\log V$ devient nul, et la nouvelle fonction de distribution des vitesses $\varphi(u, v, w) = f(U/\sigma, V/\sigma, W/\sigma)$ ainsi que le nouvel élément différentiel $d\omega_0 = d\omega/\sigma^3$ deviennent des nombres sans dimensions. Quant au volume G de l'espace généralisé position-vitesse, il est divisé par $\sigma^3 V$, et l'on a

$$\log \varpi = -V\left[\log G - \log(\sigma^3 V) + \int_{\Omega_0} \varphi \log \varphi\,d\omega_0\right].$$

2. *Application au mouvement turbulent.* — Nous avons montré dans une Note précédente (¹) que, dans un mouvement turbulent de vitesse macroscopique $u_0(y)$ parallèle à un axe, la fonction de distribution des vitesses turbulentes, rapportées à leur écart type, était $\varphi = \varphi_0(1 + \eta)$, où φ est la *loi normale* réduite de Gauss et η un terme auquel des considérations d'invariance et d'analyse dimensionnelle imposent la forme

$$\eta = (a\tau u'_0)uv + (b\sigma\tau')u,$$

τ étant l'échelle de temps nécessaire pour qu'en chaque point de cote y du fluide, on observe le même nombre de fluctuations N dans la vitesse, condition essentielle pour rendre *comparables* les probabilités aux différents

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1571.

points. Les lettres a et b désignent des nombres purs dépendant seulement de la nature du fluide et des parois qui l'enferment.

Le volume occupé par les N particules passant au point y est proportionnel à τ^2, et l'homogénéité de leur distribution dans ce volume résulte de la continuité. La formule précédente permet donc d'évaluer la probabilité ϖ au point y et, par voie de probabilités composées, la probabilité π de l'état du fluide *entier*, caractérisé par les variables macroscopiques $u_0(y)$, $\sigma(y)$, $\tau(y)$. Les termes du premier degré en η disparaissant par intégration, on obtient

$$\log\pi = \mathrm{N}\left\{\text{const.} + \frac{1}{y_1 - y_0}\int_{y_0}^{y_1} dy\left[\log(\sigma^2\tau^2)\,(^1) - (a_1\tau^2 u_0'^2 + b_1\sigma^2\tau'^2)\right]\right\},$$

a_1 et b_1 étant deux constantes numériques, d'ailleurs positives.

3. *Maximum de probabilité.* — Le théorème de Liouville est applicable normalement aux systèmes conservatifs. Nous avons pu l'étendre aux systèmes dissipatifs en régime permanent. Ceci posé, exprimons que la probabilité π est maxima pour le mouvement macroscopique *permanent*, par rapport à toutes les distributions de vitesses macroscopiques correspondant *au même débit*, ce qui revient à ajouter la condition adjointe

$$\int_{y_0}^{y_1} u\,dy = \text{const.},$$

la densité du fluide étant prise égale à l'unité.

Le calcul des variations donne trois équations différentielles admettant la solution particulière suivante :

$$\tau^2 u_0' \sim y, \qquad \sigma\tau' = \text{const.}, \qquad \tau u_0' = \text{const.}$$

Les deux dernières relations ont déjà été obtenues par application du principe de similitude statistique (*loc. cit.*); elles permettent de retrouver les relations de Von Karman (*loc. cit.*). Quant à la première, elle conduit immédiatement à la loi logarithmique ($u_0 \sim \log y$) de distribution de la vitesse macroscopique à partir d'une paroi, dans un mouvement turbulent.

Il est intéressant de remarquer que le maximum de probabilité coïncide ici avec *l'uniformité* des probabilités aux différents points du fluide, ces probabilités devant être évaluées en les rendant par un changement d'échelle, comparables quant aux éléments subjectifs qu'elles comportent [même N, même volume d'espace *réduit* $\mathrm{G}_0 = \mathrm{G}/(\sigma^2\tau^2)$].

---

(1) On a σ^2 au lieu de σ^3, le problème étant à deux dimensions.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Contribution à l'étude des multiplans infinis en courant plan.* Note (¹) de M. **Albert Toussaint**, présentée par M. H. Villat.

L'application, au cas des multiplans comportant un nombre infini d'éléments, de la méthode de calcul exposée dans une précédente Note (²), peut être faite à partir de l'expression suivante qui donne la vitesse induite w_i, par une aile sustentatrice en des points z, modérément rapprochés

$$w_i = \frac{V_0 a^2 e^{-i\alpha}}{z^2} - \frac{V_0 c^2 e^{i\alpha}}{z^2} + \frac{\Gamma}{2i\pi z} + \frac{\Gamma m}{2i\pi z^2}. \tag{1}$$

Cette expression de w_i correspond à celle adoptée précédemment avec le terme supplémentaire $m\Gamma/2i\pi z^2$ provenant du doublet $-m\Gamma/2i\pi z$, dont l'influence ne peut être négligée dans le cas des multiplans infinis (m est le module de l'affixe du centre du cercle géneratenr).

Pour un multiplan infini l'interaction d'un profil k sur le profil a se traduira par une circulation induite $\Gamma_{(k-a)}$ et une vitesse supplémentaire $u_{(k-a)}$ produites au droit du profil a, par le *système de remplacement* du profil k lequel est donné par les trois doublets et le tourbillon déduits de l'expression (1).

Tous les éléments du multiplan comportent la même circulation résultante : $\Gamma_a = \Gamma_K = \Gamma$; la composante $v^{B'}_{(k-a)}$, produite au point B′ du profil a ($z_{(B')} = -b\,e^{i\theta'} - c$) sera

$$\left(\frac{v_{B'}}{V_0}\right)_{(k-a)} = -\alpha\frac{(a^2+c^2)A_{(k)}l^2}{D_k^2} + \frac{(a^2-c^2)B_k}{D_k^2}\frac{bl}{2}\sin\theta' - \frac{\Gamma l B_{(k)}}{8\pi V_0 D_K} - \frac{m\Gamma A_{(k)}l^2}{2\pi V_0 D_k^2}, \tag{2}$$

avec

$$\left\{\begin{aligned} A_{(k)} &= \frac{-1}{l^2}(b^2\cos 2\theta' + 2bc\cos\theta' + c^2),\\ B_{(k)} &= \frac{4}{l}(b\cos\theta' + c),\\ D_{(k)} &= b^2 + 2bc\cos\theta' + c^2,\\ k\frac{h}{l} &\simeq \frac{b}{l} + \frac{l}{16b}\tan\left(\frac{\pi}{4} - \theta\right). \end{aligned}\right. \tag{3}$$

(¹) Séance du 7 janvier 1935.

(²) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 700.

Le profil k' symétriquement placé par rapport à a fournira une composante $v^{B'}_{(k'-a)}$ dont l'expression sera analogue à celle de $v^{B'}_{(k-a)}$. En associant ainsi les divers éléments tels que k et k' on obtiendra pour la circulation résultante du profil a :

$$(5)\qquad \Gamma = \Gamma_{(aa)} + \sum_1^\infty \Gamma_{(k+k'-a)} = \frac{\pi V_0 l(1+\eta e)\left\{\alpha\left(1 - \frac{1+\eta e}{8}\Sigma \mathrm{I}\right) + \frac{\eta e}{16}\Sigma \mathrm{II}\right\}}{1 + \frac{1+\eta e}{8}(\eta e\, \Sigma \mathrm{I} + \Sigma \mathrm{III})}$$

avec

$$\eta e = 4\frac{(a-c)}{l}, \qquad c \cong \frac{l}{4}$$

et

$$(6)\qquad \begin{cases} \Sigma \mathrm{I} = \sum_1^\infty \left(\frac{A_{(k)} l^4}{D_k^2} + \frac{A_{(k')} l^4}{D_{k'}^2}\right), \\ \Sigma \mathrm{II} = \sum_1^\infty \frac{b}{l}\sin\theta' \left(\frac{B_{(k)} l^4}{D_k^2} + \frac{B_{(k')} l^4}{D_{k'}^2}\right), \\ \Sigma \mathrm{III} = \sum_1^\infty \left(\frac{B_k l^2}{D_k} - \frac{B_{k'} l^2}{D_{k'}}\right). \end{cases}$$

La vitesse supplémentaire $u_{\Sigma(k+k')}$ au centre du profil (a) sera

$$(7)\qquad \frac{\Sigma u}{V_0} = \left(\frac{u}{V_0}\right)_{\Sigma(k+k')} = \frac{\pi^2}{24}\frac{l^2}{h^2}[\alpha(1+\eta e)\sin 2\theta - \eta e \cos 2\theta].$$

La sustentation unitaire d'un élément s'écrit

$$(8)\qquad C_{y(ma)} = \frac{2\Gamma}{V_0 l}\left(1 + \frac{\Sigma u}{V_0}\right) = C_{y(m0)}\frac{K_{mu}}{K_{m0}} + \Delta C_{y(\alpha=0)}.$$

$\Delta C_{y(\alpha=0)}$ s'annule quand $\eta e = 0$ (profils sans épaisseur) et aussi pour $\theta = 0$ (tandems infinis) et pour $\theta = \pi/2$ (multiplans droits).

Dans les formules précédentes θ' correspond dans le plan du cercle générateur à l'inclinaison θ du multiplan sur la direction $\alpha = 0$. θ est positif pour les multiplans décalés vers l'avant. Pour les multiplans décalés vers l'arrière ($\theta < 0$), le rapport $K_{(mu)}/K_{(m0)}$ est le même que pour $\theta > 0$, mais $\Delta C_{y(\alpha=0)}$ est de signe contraire, c'est-à-dire négatif.

Le tableau ci-après donne la comparaison des $C_{y(mu)}$ calculés avec les formules précédentes et des $C_{y(mu)}$ déduits d'expériences [1] :

---

[1] *Untersuchungen über Druckverteilungen an gestaffelten Flügelgittern.* Göttingen, III Lieferung.

Multiplan, décalage $\mathcal{N}$, $\theta = 16^\circ$; $C_{y(m_0)} = 0,492$.

Écartement relatif h/l	2.	1,43.	1,175.	1
$C_{y(mu)}$ calculé	0,616	0,755	0,953	1,293
$C_{y(mu)}$ mesuré	0,691	0,757	0,907	1,14

Les formules précédentes nous ont permis de calculer les valeurs de $K_{(mu)}/K_{(m_0)}$ et de $\Delta C_{y(\alpha=0)}$ pour tous les multiplans caractérisés par $-\pi/2 \leqq \theta \leqq \pi/2$ et pour divers écartements relatifs $h/l \geqq 0,8$. L'application de ces résultats doit être utile pour le calcul des turbines axiales, des hélices, des pompes, des ventilateurs, etc., dont le rotor est assimilable par développement à un multiplan infini.

HYDRODYNAMIQUE. — *Théorèmes de validité dans le problème des sillages.* Note de M. **Julien Kravtchenko**, présentée par M. Henri Villat.

Les solutions du problème des sillages, construites à partir d'une fonction donnée *a priori* doivent satisfaire à deux conditions de validité introduites par M. M. Brillouin [1] : 1° les lignes de jet ne peuvent ni se recouper ni recouper l'obstacle ; 2° les vitesses au sein de la masse fluide en mouvement ne peuvent être supérieures à 1.

La deuxième condition ne s'introduit que quand la pression est nulle à l'infini; il n'y a besoin de la vérifier que le long des frontières du fluide en mouvement. Quand elle est satisfaite, les lignes de jet sont convexes vers le courant; dans ce cas la première condition est vérifiée si l'on suppose de plus que l'obstacle est tranchant. Nous nous proposons de compléter la discussion de ces conditions de validité.

Les théorèmes que nous allons faire connaître constituent des extensions de quelques résultats de M. H. Villat [2] (cas de l'obstacle symétrique), et de M. J. Leray [3] (cas du fluide indéfini); ils valent dans le cas d'un courant fluide enfermé dans un canal (ou limité par une paroi fixe) qui heurte un obstacle dont l'angle de la tangente positive avec la direction du courant est supposé compris entre zéro et π.

Pour simplifier nos énoncés nous nous limiterons d'abord au cas des

---

(1) *Annales de Physique et de Chimie*, **23**, 1911, p. 154; *Comptes rendus*, **151**, 1910, p. 932.

(2) *Journal de Mathématiques*, 6e série, **10**, 1914, p. 231.

(3) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1282.

parois fixes planes; mais chaque théorème peut être étendu (avec un degré de généralité qui varie d'un théorème à l'autre) à certaines classes de parois courbes.

I. *L'ordonnée y de chaque ligne de jet varie toujours dans le même sens le long de chacune d'elles; elle est non décroissante le long de la ligne supérieure et non croissante le long de la seconde. En d'autres termes tout danger de recoupement des lignes de jet est écarté.*

L'artifice de calcul qui permet de déduire ce résultat des formules de M. Villat a été utilisé par M. J. Leray dans son travail cité ci-dessus; il en est de même de la marche suivie pour établir le théorème suivant :

II. *Les vitesses le long des parois fixes sont toujours acceptables.* Voici les éléments de la démonstration dans le cas du canal. En reprenant les notations classiques ([1]), la vitesse V en un point de la paroi est donnée par les formules

$$V = e^{\tau}, \qquad \tau(\varepsilon) = \frac{\omega_1}{\pi^2}\int_0^{\pi} \Phi(s) \frac{p'\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon + \omega_3\right)}{p\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon + \omega_3\right) - p\,\frac{\omega_1}{\pi}s}\,ds.$$

Appelons s_0 l'argument du point de bifurcation, on aura, en vertu de l'hypothèse $0 \leqq |\Phi(s)| \leqq \pi$,

$$(1) \qquad \begin{cases} \Phi(s) \leqq 0 & \text{pour} \quad 0 < s < s_0, \\ \Phi(s) \geqq 0 & \text{pour} \quad s_0 < s < \pi. \end{cases}$$

Mettons la fonction $\tau(\varepsilon)$ sous la forme

$$\tau(\varepsilon) = \frac{\omega_1}{\pi^2} p'\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon + \omega_3\right) \times \int_0^{\pi} \Phi(s) \left[\frac{1}{p\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon + \omega_3\right) - p\,\frac{\omega_1}{\pi}s} - \frac{1}{p\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon + \omega_3\right) - p\,\frac{\omega_1}{\pi}s_0}\right] ds,$$

en utilisant la condition de M. Villat,

$$\int_0^{\pi} \Phi(s)\,ds = 0.$$

On voit que : 1° la quantité $p'(\omega_1\,\varepsilon/\pi + \omega_3)$ est positive quand $0 < \varepsilon < \pi$.

([1]) Voir, par exemple, le Mémoire de M. Villat des *Annales de l'École Normale*, **29**, 1912, p. 127.

2° La quantité entre crochets est positive pour $0 < s < s_0$ et négative pour $s_0 < s < \pi$. Compte tenu de (1) il en résulte que l'expression (2) de τ est négative; c'est-à-dire que e^τ est inférieur à 1.

III. Bornons-nous maintenant au cas de l'obstacle *concave* vers le courant : *les vitesses sont acceptables le long de cet obstacle* (¹).

En combinant ce résultat avec le théorème II on voit que les vitesses seront acceptables partout; cela assure la convexité des lignes vers le courant. La solution est alors entièrement acceptable d'après le théorème I.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les théorèmes d'existence relatifs aux ondes permanentes périodiques à deux dimensions dans les liquides hétérogènes.* Note de Mme **Marie-Louise Dubreil-Jacotin**, présentée par M. Henri Villat.

L'étude, en première approximation, des ondes permanentes périodiques dans les liquides hétérogènes incompressibles dans lesquels la diffusion est négligée a donné lieu à un certain nombre de travaux, spécialement dans le cas particulier, important pour les applications, où la répartition de la densité est exponentielle (²). Nous nous sommes proposé l'étude rigoureuse de ces ondes.

Des hypothèses d'un mouvement permanent, d'un liquide incompressible et de la non-diffusion, résulte qu'il existe une fonction de courant $\Psi(x, y)$ et que pendant le mouvement la densité d est donnée par $d = f(\Psi)$ (³). Le calcul qui permet d'établir l'équation d'Euler dans

(¹) M. Leray m'a signalé qu'il avait démontré ce théorème sans le publier dans le cas du fluide illimité.

(²) Voir Lord Rayleigh, *Proc. Lond. Math. Soc.*, 14, 1882-1883, p. 301; Love, *Proc. Lond. Math. Soc.*, 22, 1891-1892, p. 10, etc. On trouvera d'ailleurs une bibliographie et un historique dans B. Haurwitz, *Zur Theorie der Wellenbewegungen in Luft und Wasser* (*Veröff. des Geophysikalischen Institut der Universität Leipzig*, 5, 1, 1931, p. 132).

(³) V. Bjerknès a attiré l'attention (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1382, et *Hydrodynamique Physique*, Paris, 1934) sur la supériorité des coordonnées de Lagrange dans l'étude des fluides non *autobarotropes*. L'équation d'état dans ce système $d = g(c)$ est, en effet, plus simple; mais en écrivant, ce qui est parfaitement légitime, que la densité sur une ligne de courant est celle des particules sur le niveau

le cas homogène donne pour déterminer Ψ l'équation

$$(1)\qquad \Delta\Psi - \frac{f'(\Psi)}{f(\Psi)}\left\{U - \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial\Psi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\Psi}{\partial y}\right)^2\right]\right\} = h(\Psi),$$

où U est la fonction de force et h une fonction arbitraire. La pression est encore donnée par

$$P = f(\Psi)\left\{U - \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial\Psi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\Psi}{\partial y}\right)^2\right]\right\} + h_1(\Psi).$$

Pour résoudre le problème hydrodynamique que nous avons en vue, il faut donc, avec les notations et conventions que nous avons utilisées dans l'étude du cas homogène ([1]), trouver $\Psi(x, y)$ satisfaisant à l'équation (1) dans la bande limitée par l'horizontale $y = H$ sur laquelle on aura $\Psi = q$ et par la courbe limite inconnue qui sera la courbe $\Psi = 0$ et sur laquelle on aura

$$(2)\qquad 2gy - \left(\frac{\partial\Psi}{\partial x}\right)^2 - \left(\frac{\partial\Psi}{\partial y}\right)^2 = \text{const.}$$

Nous faisons les mêmes changements de fonction inconnue et de variables que dans le cas homogène pour nous ramener à la couronne limitée par les cercles de rayons ρ_0 et 1, sur lesquels les conditions aux limites sont encore

$$(\text{II})\quad v = 0 \quad \text{sur} \quad \rho = \rho_0; \qquad \frac{\partial v}{\partial n} + pv - \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\frac{\partial v}{\partial n}\,ds = \Phi\left(v, \frac{\partial v}{\partial n}, \frac{\partial v}{\partial s}\right) \quad \text{sur} \quad \rho = 1.$$

L'équation à résoudre est maintenant

$$(\text{I})\qquad \Delta v + B(\rho)\left[pv - \rho\frac{\partial v}{\partial \rho}\right] = h(\rho) + F\left(v, \frac{\partial v}{\partial x}, \ldots, \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right),$$

où F est du deuxième ordre en v et ses dérivées des deux premiers ordres et où $B(\rho)$ est donné.

Si l'hétérogénéité est faible de telle sorte que B soit petit du même ordre

---

moyen avant le mouvement, on a l'équation d'état sous la forme intégrale commode $d = f(\Psi) = g\left[\frac{1}{\lambda}\int_x^{x+\lambda} y(x, \Psi)\,dx\right]$. Remarquons encore qu'avec la terminologie de V. Bjerknès les mouvements étudiés sont *baroclines :* nous avons démontré en effet (*Rend. R. Acc. Lincei,* **15**, 1932, p. 814) qu'il n'y avait pas, en général, dans le cas de la profondeur finie, cas auquel nous nous limiterons ici, de mouvements d'ondes *barotropes*.

([1]) *Journal de Mathématiques*, **13**, 1934, p. 217.

que la hauteur de l'onde, le terme $B(\rho)[p\varphi - \rho\, \partial\varphi/\partial\rho]$ peut s'incorporer à F et le problème est résolu par l'étude du cas homogène, F continuant à satisfaire aux seules hypothèses utilisées dans la démonstration. Supposons donc B non petit. Il résulte de la signification physique de B et de p que ces deux quantités sont essentiellement positives. L'équation linéarisée

$$\Delta\varphi + B(\rho)\left(p\varphi - \rho\frac{\partial\varphi}{\partial\rho}\right) = h(\rho)$$

est donc telle que le problème de Dirichlet correspondant n'a pas nécessairement une solution unique. C'est à ce fait qu'est due la différence essentielle entre les cas homogène et hétérogène ([1]).

On peut remplacer la résolution de l'équation aux dérivées partielles I avec conditions aux limites II par celle d'un système intégrodifférentiel qu'on peut encore remplacer par un système d'équations intégrales qu'on montre être du type de Schmidt, donc résoluble par approximations successives. On démontre que, quelle que soit la répartition de la densité, ce système a des solutions non triviales (non simple translation) au voisinage d'une infinité de valeurs positives de p. La longueur d'onde étant donnée, il y a donc une infinité de mouvements d'ondes possibles tous à l'exception d'un seul ayant des plans nodaux. Il ne reste plus qu'à discuter les équations de ramification, ce qui, en particulier, se fait sans difficulté dans le cas où la densité est supposée, au repos, fonction exponentielle de la cote. Le détail des démonstrations paraîtra dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Micromachine à enregistrement photographique pour l'essai mécanique des métaux.* Note ([2]) de M. **Pierre Chevenard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

En 1919, Ch. Frémont a décrit des machines pour l'essai mécanique des métaux sur petites éprouvettes ([3]). Leur premier avantage est d'être peu

([1]) Lord Rayleigh (*loc. cit.*) a montré le premier que, dans le cas de la répartition exponentielle de la densité, il existait une infinité de mouvements d'ondes possibles entre deux plans fixes. Ce problème peut se traiter rigoureusement d'une manière analogue à celle utilisée pour le problème posé. Le domaine initial étant connu, le changement de fonction inconnue, s'il s'impose moins, a l'avantage de faire porter la fonction arbitraire h sur une variable et non plus sur la fonction inconnue.

([2]) Séance du 10 janvier 1935.

([3]) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 228.

coûteuses et d'usage économique. Mais Frémont avait surtout en vue le *sondage* des pièces métalliques, dans les régions hétérogènes décelées par l'essai de corrosion, et la mesure des résistances locales des pièces soudées ou partiellement écrouies.

La micromachine récemment construite au laboratoire des usines d'Imphy fournit une solution nouvelle et précise des mêmes problèmes. Elle permet d'essayer à la traction, au cisaillement et à la flexion des éprouvettes dont le diamètre est de 1 à $1^{mm},5$ seulement. En outre, les diagrammes « effort-déformation » sont enregistrés photographiquement : ce résultat est obtenu par un dispositif optique en tous points semblable à celui du dilatomètre différentiel.

Pour faire saisir le fonctionnement de la machine, il suffira de décrire le mécanisme utilisé pour l'essai au cisaillement, essai d'un intérêt particulier pour l'exploration en détail des pièces hétérogènes. Le barreau $b_1 b_2$ est serré dans un étau E à mâchoires hémicylindriques en acier très dur. Cet étau est fixé à l'extrémité supérieure d'une lame-ressort R en élinvar, encastrée à sa base. Le couteau d'acier trempé C est porté par un levier L, articulé autour d'un axe parallèle à $b_1 b_2$. Quand le levier, entraîné par un moteur électrique, se meut dans le sens de la flèche, l'arête du couteau se déplace dans un plan distant de $0^{mm},01$ du flanc de l'étau, et le barreau se trouve cisaillé.

Le déplacement du ressort et celui du couteau sont transmis par des coulisseaux d'acier a_1, a_2 aux pointes p_1, p_2 d'un trépied optique, dont la troisième pointe p_3 reste immobile; l'angle $\widehat{p_1 p_2 p_3}$ est égal à un droit. Il est aisé de voir que la courbe enregistrée sur une plaque photographique immobile, par le jeu du trépied optique, a pour coordonnées : 1° l'effort F, repéré par la flexion du ressort transmise à la pointe p_2; 2° l'enfoncement c du couteau égal à la différence des déplacements communiqués aux pointes p_1 et p_2.

On peut enregistrer jusqu'à 10 courbes sur une même plaque : un dispositif sert à décaler leurs points de départ de manière à éviter tout enchevêtrement.

Grâce à la simplicité du mécanisme et du système optique, à une construction soignée, les courbes enregistrées (voir figure 2 à gauche) sont nettes, déliées, et susceptibles de pointés précis : il est aisé, en particulier, d'évaluer la limite élastique correspondant à un petit allongement convenu, 2.10^{-3} le plus souvent.

Le diagramme de la figure 2 (à droite), donné à titre d'exemple, montre le résultat d'une exploration mécanique suivant l'épaisseur d'un tube épais, en acier à 0,25 pour 100 C et 2 pour 100 Ni, trempé, revenu, puis soumis

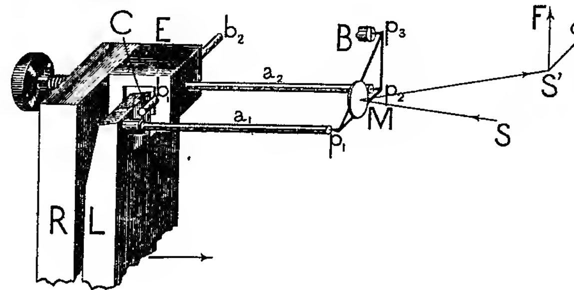


Fig. 1.

à une forte pression intérieure. Le barreau de $1^{mm},5$ de diamètre et de 40^{mm} de longueur a été cisaillé en 23 tronçons, et l'on a déterminé pour chaque

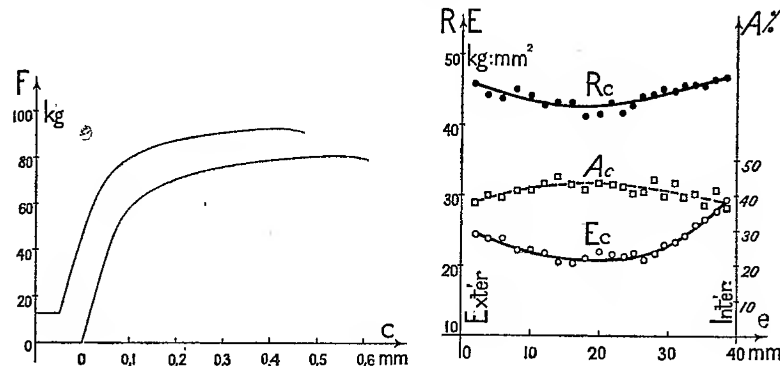


Fig. 2.

section la limite élastique E_c, la résistance R_c et l'allongement au cisaillement A_c. L'allure des courbes met en évidence le double effet de la pénétration de trempe et de l'autofrettage.

Comme application de la machine, on peut envisager :

1° L'étude précise des lois expérimentales de la déformation des matériaux, grâce à la netteté des courbes enregistrées.

2° L'étude complète d'un alliage moyennant une faible dépense de métal, considération importante pour les usines qui élaborent des alliages spéciaux aux additions coûteuses. Les ténacités mesurées sur éprouvettes de $1^{mm},5$

de diamètre diffèrent peu de celles qu'on obtient avec des machines industrielles.

3° L'étude des anisotropies d'origine cristalline ou créées par les traitements.

4° L'étude des hétérogénéités d'origine chimique, physicochimique ou structurale : ségrégations, modifications superficielles par cémentation, décarburation ou brûlure, pénétration de trempe, autofrettage, etc.; en particulier, la micromachine convient spécialement à l'étude des soudures.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les effets de la théorie de la relativité.* Note [1] de M. **Georges Maneff**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons pu donner une forme particulière et plus parfaite aux équations de la théorie de la relativité, en déterminant d'une manière plus exacte la constante de la formule (4) [2]. Dans la présente Note, nous considérerons la déviation des rayons lumineux en nous servant du principe de la moindre action (avec λ).

Nous étudions la déviation des rayons lumineux passant au bord du Soleil, en introduisant le temps corrigé dans la formule (4) de la Note ci-dessus indiquée, obtenant ainsi l'équation différentielle ($A = 0$ pour la géodésique nulle)

$$\left(\frac{d\rho}{d\varphi}\right)^2 = \frac{9c^2}{8b^2} - \rho^2 + \alpha\rho^3. \tag{1}$$

En outre, nous considérerons aussi l'élément linéaire avec λ, lequel apparaît toujours lorsqu'on applique rigoureusement le principe de l'action stationnaire. Nous avons :

$$\lambda = \frac{4\pi k\rho}{c^2} \qquad \text{et} \qquad v^2 = c^2\left(1 - \frac{\alpha}{r} - \frac{\lambda}{3}r^2\right). \tag{2}$$

Dans

$$v^2 = c^2\left(1 - \frac{2kM}{c^2 r} - \frac{4\pi k\rho r^2}{3c^2}\right) = c^2\left(1 - \frac{3kM}{c^2 r}\right), \tag{3}$$

nous déterminons le facteur v^2 au dt^2 en rapport avec (2).

Alors, au lieu de la formule (14) de la Note précédente, on obtient

$$\frac{9}{8}c^2 - A = \underset{\to 0}{E}, \qquad \alpha_2 A = 3kM \qquad \text{et} \qquad \alpha_2 = \frac{8}{3}\frac{kM}{c^2}, \tag{4}$$

---

[1] Séance du 2 janvier 1935.

[2] G. Maneff, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1376.

qui conduisent à la déviation

$$\psi = \frac{16}{3}\frac{kM}{c^2 d} \quad \text{et, pour le Soleil,} \quad \psi_s = \frac{4}{3}\, 1'',74 = 2'',32. \tag{5}$$

E. Freundlich [1], d'après ses observations personnelles, et après examen de celles de 1919 et 1921 appartenant à d'autres observateurs, a trouvé que la déviation des rayons lumineux, passant tangentiellement au bord du Soleil, donne 2″,24 ou 2″,2 (± 0,1), et non pas 1″,74 que l'on obtient par les équations de la théorie de la relativité.

Notre résultat (5) est donc très voisin de celui trouvé par Freundlich.

Considérons maintenant le déplacement des raies spectrales. La correction, déduite de la formule (4) de la Note précédente, n'a point d'importance ici, parce qu'elle se rapporte à la surface du Soleil, et non à son centre. Cependant on constate, en rapport avec (2), l'influence de λ,

$$\sqrt{-g_{44}} = \frac{v}{c} = 1 + \frac{3\psi}{2c^2}. \tag{6}$$

Mais la partie supplémentaire a le caractère d'effet de Doppler-Fizeau.

Dans un second point de vue, on peut considérer les effets vis-à-vis de la masse, et cela au moyen des équations de la théorie classique. Partons de notre équation différentielle [2]

$$\left(\frac{d\rho}{d\varphi}\right)^2 = \frac{C}{b^2} + \frac{2kM - \beta C}{b^2}\rho - \left(1 + \frac{2\beta kM}{b^2}\right)\rho^2 + 2\beta\rho^3, \tag{7}$$

pour laquelle M. Tzénoff [3] a établi qu'elle peut servir à obtenir les deux effets de la théorie de la relativité. Cette équation est formée avec la masse

$$m_0 = \frac{E}{c^2}. \tag{8}$$

Or, si l'on part non pas de la masse (8), mais de la suivante

$$m'_0 = \frac{4E}{3c^2}, \tag{9}$$

qui comporte l'influence du champ sur la masse et qui est du reste plus

(1) E. Freundlich, *Zeits. f. Astrophys.*, 3, 1931, p. 171.
(2) G. Maneff, *Annuaire de l'Univ. de Sofia*, fasc. 1, 1931-1932, p. 355.
(3) Iv. Tzénoff, *L'Enseignement mathématique*, 31, 1932, p. 77.

commode pour la correction, on obtient

$$m' = m'_0 \, e^{\frac{4kM}{3c^2}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0}\right)}; \tag{10}$$

l'équation différentielle modifiée (7) conduit alors à

$$\varepsilon_1 = \frac{16\pi k M}{3c^2 a(1-e^2)}, \tag{11}$$

qui donne pour Mercure un déplacement du périhélie égale à 38″,2, résultat correspondant à la solution B de Grossmann.

Les formules (7) et (8) donnent directement 29″ correspondant à la solution A du même auteur.

Enfin, considérons la déviation des rayons lumineux, en partant de (7) et posant $v = c$, ou bien de

$$\left(\frac{d\rho}{d\varphi}\right)^2 = \frac{c^2}{b^2} - \rho^2 + 2\beta\rho^3. \tag{12}$$

Dans le premier cas, solution par l'intermédiaire de (8), on obtient 1″,74; dans la solution par l'intermédiaire de (9), on obtient 2″,32.

Ce sont les mêmes résultats que dans le premier cas, identiques aux résultats expérimentaux étudiés par Grossmann et Freundlich. D'après M. Danjon, qui a fait une étude critique analogue des observations, on obtiendrait plutôt 2″,1 [1]. Une analyse plus détaillée [2] des membres de la formule (3) donne du reste un résultat possible entre les limites 2″,03 et 2″,32. La dernière valeur 2″,32 est un maximum.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Changements rapides dans le spectre de Nova Herculis : bandes d'absorption attribuées au cyanogène.* Note [3] de M. **Jean Dufay** et Mlle **M. Bloch**, présentée par M. Ch. Fabry.

Pour photographier le spectre de Nova Herculis, nous avons monté sur l'équatorial Eichens de l'Observatoire de Lyon un spectrographe à prisme objectif, comprenant un prisme de 60° en flint extradense et un objectif de 38mm d'ouverture. Entre H_γ et H_ζ, la dispersion moyenne est de 48 Å

(1) *Journal de Physique et le Radium*, 7e série, 3, 1932, n° 7, p. 281.

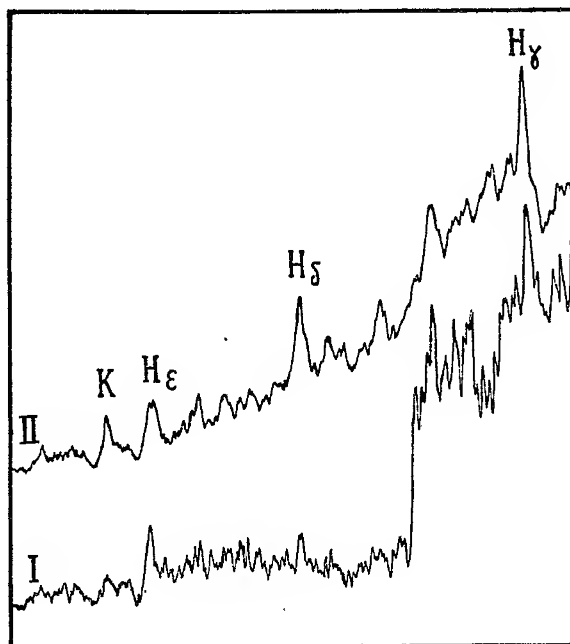
(2) G. Maneff, *Annuaire de l'Univ. de Sofia*, fasc. 1, 1933-1934, p. 321.

(3) Séance du 7 janvier 1935.

par millimètre. Nous utilisons les plaques orthochromatiques Lumière Superopta et les plaques panchromatiques Ilford hypersensitives.

Une dizaine de clichés au total ont été obtenus les 25, 27, 29, 30 décembre 1934, 2 et 4 janvier 1935. Ils montrent des changements rapides dans le spectre de la Nova.

Le nombre des raies d'émission a beaucoup augmenté, surtout le 25 et



Diagrammes d'enregistrement au microphotomètre : I, 25 décembre ; II, 27 décembre.

le 29 décembre ; elles ont pris une importance plus grande par rapport au fond continu. Nous reviendrons prochainement sur l'attribution de ces raies d'émission et sur celle des raies d'absorption.

Les raies sombres de l'hydrogène sont accompagnées, au moins de H_α à H_ζ, par les raies d'émission correspondantes, du côté rouge. Le déplacement des raies sombres par rapport aux raies brillantes a peu varié et, pour H_γ et H_δ par exemple, reste voisin de $17.10^{-4}\lambda$. Si on l'interprète comme un effet Doppler-Fizeau, il correspond à une vitesse radiale d'approche de 510^{km} par seconde.

Le changement le plus apparent s'est produit entre le 25 et le 27 décembre. Le 25 décembre, le spectre, intense depuis H_β, montrait un affaiblissement considérable et brusque, ayant le caractère d'une disconti-

nuité, vers 4210 Å, après une raie d'émission. Cet affaiblissement n'était plus nettement visible le 27 décembre et il avait entièrement disparu le 29. Nous pensons pouvoir l'attribuer à la large bande d'absorption du cyanogène, dont la tête est à 4216 Å. La figure ci-contre reproduit une partie des diagrammes d'enregistrement au microphotomètre d'un cliché du 25 et d'un cliché du 27 décembre, dans cette région.

Les spectres du 25 décembre montrent d'autre part une seconde discontinuité, immédiatement après H_ζ, du côté violet. Elle correspond bien à la bande 3883, la plus intense du groupe violet du cyanogène. Le 27, on distinguait seulement, dans cette région, un affaiblissement qui a complètement disparu le 29 et le 30. Les spectres du 30 décembre notamment s'étendent jusque vers 3650 Å, sans trace de bande d'absorption.

M. Lindblad a observé indépendamment la présence de ces deux bandes d'absorption le 26 décembre et les a attribuées aussi au cyanogène [1]. Leur disparition presque totale s'est donc produite entre le 26 et le 27 décembre. Il serait intéressant de rechercher si leur présence peut être mise en évidence sur des spectres antérieurs au 25.

L'apparition des bandes attribuées au cyanogène n'a pas été signalée, à notre connaissance, dans le spectre des précédentes novæ.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Le spectre de la couronne solaire en* 1934. Note de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Des images de la couronne obtenues en juillet et en août 1931, au Pic du Midi, avec un spectro-enregistreur, ont montré, qu'à cette époque, la raie verte était très faible ou invisible aux latitudes élevées et qu'elle présentait au contraire des maxima intenses près de l'équateur, pour des latitudes toujours inférieures à 30°. La raie rouge possédait une répartition beaucoup plus uniforme.

Pendant cette première série d'observations, l'activité solaire était en décroissance. Au printemps 1934, elle augmentait après un long minimum.

---

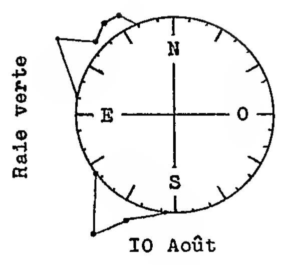
(1) *Circulaire* n° 507 *du Bureau central des télégrammes astronomiques*, Observatoire de Copenhague, 29 décembre 1934. Cette circulaire nous est parvenue le 1er janvier. Dès le 29 décembre nous avions communiqué à la Société astronomique de France une note concernant les bandes observées à Lyon et leur attribution probable au cyanogène. Le 31, nous avons transmis le même renseignement à Copenhague.

INTENSITES DE LA RAIE VERTE ET DE LA RAIE ROUGE OBSERVEES EN I934,

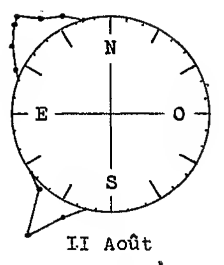
A 55" DU BORD SOLAIRE,

DANS LES DIVERS ANGLES DE POSITION

Raie verte

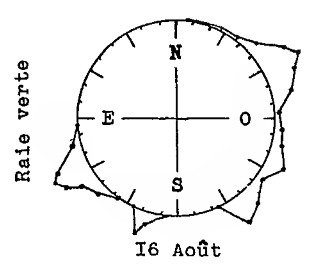


IO Août

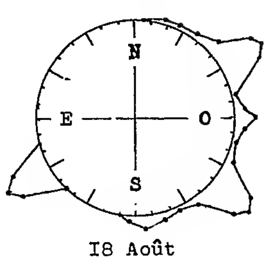


II Août

Raie verte

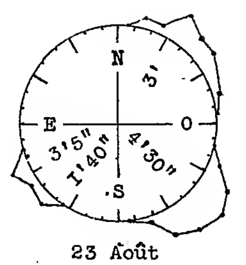


I6 Août

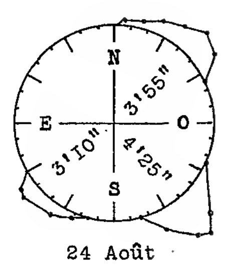


I8 Août

20 Août

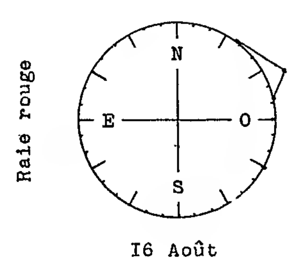


23 Août

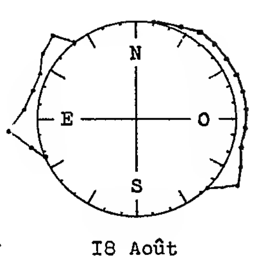


24 Août

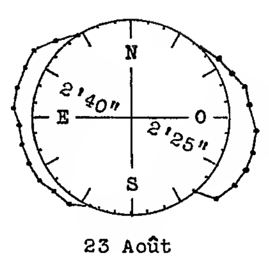
Raie rouge



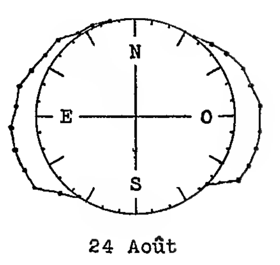
I6 Août



I8 Août



23 Août



24 Août

J'ai séjourné à l'Institut de Recherches du Jungfraujoch, du 6 au 27 août, afin d'étudier l'influence du nouveau cycle sur la répartition de la lumière des raies verte et rouge. Pendant cette période, les nuages ont été très fréquents, de légers voiles de cirrus empêchèrent souvent d'observer la couronne. Il y a eu cependant 3 journées entières et 4 demi-journées de ciel parfaitement pur grâce à l'altitude élevée de la station (3450^m).

Je me suis servi d'un coronographe léger, de 1^m de long, dont la lentille principale mesurait 5^{cm} de diamètre et 48^{cm} de distance focale. Cet instrument, installé sur la terrasse supérieure, était porté par une monture équatoriale petite, mais très stable; il formait l'image des alentours du Soleil sur la fente d'un bon spectroscope à vision directe qui séparait, dans le vert, 0,7 A.

L'ensemble des deux appareils pouvait tourner autour de l'axe du coronographe. Une vis micrométrique permettait de faire varier la distance de la fente au bord du Soleil et de mesurer cette distance. Un cercle placé sur le coronographe donnait l'angle de position du point du bord solaire le plus voisin de la fente.

Un observateur dont les yeux étaient protégés très soigneusement contre la lumière extérieure déterminait les points du bord solaire où les raies brillantes apparaissaient et disparaissaient, estimait leurs intensités et déterminait les positions de leurs maxima et de leurs minima, il mesurait également la distance de la fente au bord solaire pour laquelle la raie cessait d'être visible. Un deuxième observateur assurait le centrage du Soleil derrière le disque du coronographe; il effectuait les manœuvres et il lisait les cercles.

Les graphiques de la figure résument les observations, ils donnent, avec une échelle arbitraire, les intensités de la raie verte et de la raie rouge tout autour du Soleil, à une distance du bord solaire égale à 55″ environ. Les hauteurs des jets ont été mesurées au cours des deux dernières observations et sont indiquées par les chiffres inscrits à l'intérieur des graphiques.

La raie verte possédait, en 1934, une répartition très différente de celle de 1931. Ses jets, plus nombreux, avaient des latitudes beaucoup plus élevées tandis qu'à l'équateur, elle était souvent invisible.

D'autre part, du 10 au 24 août, le Soleil a tourné de 185°. En comparant les graphiques du 10 et du 11 à celui du 24, nous voyons que les principaux jets de la couronne ont accompagné le Soleil dans sa rotation.

Les graphiques de la raie rouge montrent que cette radiation se comporte très différemment de la raie verte. Exception faite des deux jets observés,

l'un au Nord-Ouest, le 16 août, et l'autre au Sud-Ouest, le 18 août, ses maxima d'intensité, larges et flous, ont occupé des points où la raie verte était invisible.

La comparaison de ces documents aux images données par le spectrohéliographe permettra de préciser quelles sont les régions actives du Soleil qui donnent naissance aux jets de la raie verte et peut-être de déterminer le mécanisme différent par lequel la raie rouge s'illumine.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Sur l'absence d'hystérésis des phénomènes piézoélectriques.* Note (¹) de M. **Paul Bernard**, présentée par M. Ch. Fabry.

On a établi précédemment (²), comme résultats d'expériences effectuées à l'aide d'un dispositif d'enregistrement et de mesure de pression par manomètre à quartz et oscillographe Dufour, la *réversibilité* des phénomènes piézoélectriques.

Le présent travail traite de l'absence d'hystérésis de ces phénomènes.

On a étudié par la méthode expérimentale et en utilisant le dispositif piézoélectrique des précédents essais, l'influence de la vitesse de développement des pressions appliquées au quartz, sur les quantités d'électricité dégagées. Les vitesses extrêmes réalisées sont dans le rapport de 1 à 10000 et les durées de développement des charges qui correspondent à ces vitesses sont respectivement de l'ordre de 1/10000ᵉ de seconde seulement ou supérieures à la seconde.

On a satisfait à ces conditions d'essais en utilisant pour le développement des pressions un manomètre à huile.

L'étude comprend deux types d'essais :

I. Enregistrements complets et séparés : *a*, d'une courbe de développement très rapide (durée de l'ordre de 1/10000ᵉ de seconde) d'une compression de valeur connue; *b*, d'une courbe de développement d'une décompression lente (durée supérieure à la seconde) de valeur connue et égale à celle de la compression.

Les résultats sont les suivants :

(¹) Séance du 26 décembre 1934.

(²) P. Bernard, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1388.

Pression du fluide dans le dynamomètre (kg/cm²)	503	1004	1462	1974	2406
Pression sur le quartz (kg/cm²)	56	112	163	220	268
Différence des pressions du fluide enregistrées (compression rapide, décompression lente) (kg/cm²)	+13	−4	+1	+17	+5

Les valeurs des pressions du fluide enregistrées concordent à quelques kilogrammes près, c'est-à-dire à l'ordre de grandeur de la dispersion des mesures directes expérimentales des pressions de référence (pression du fluide dans le dynamomètre).

II. Enregistrement d'une courbe de développement de pression comprenant une compression très rapide (durée de l'ordre de 1/10000ᵉ de seconde) suivie d'une décompression lente (durée supérieure à la seconde) de valeur égale.

Compression et décompression se suivent à intervalle de temps assez réduit pour que les pertes de charges électriques développées dans le quartz n'aient qu'une valeur négligeable.

Les oscillogrammes montrent que la courbe de développement des pressions se termine d'une façon exacte et certaine en fin de décompression sur l'axe zéro initial des pressions nulles et par suite qu'il y a compensation des actions électriques développées par les variations de pression rapides à la compression, lentes à la décompression.

Ces essais ont été effectués dans les conditions suivantes :

Pressions dynamométiques	503	1196	2011	2647	3504
Pressions sur le quartz	56	133	224	294	390

A ces résultats sont à joindre ceux présentés précédemment au titre de l'étude de la réversibilité des phénomènes piézoélectriques, et provenant d'essais effectués aux mêmes vitesses de compression, et de décompression.

Dans tous les cas les quantités d'électricité dégagées par le quartz pour d'égales variations de pression sont équivalentes.

Cet ensemble de résultats ne fait ainsi apparaître dans aucun cas une influence de la vitesse sur les quantités d'électricité dégagées et dans ces conditions établit pour ces pressions sur le quartz atteignant jusqu'à 390 kg/cm² l'absence d'hystérésis des phénomènes piézoélectriques.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur les lieux géométriques du point neutre d'un système triphasé.* Note ([1]) de M. **L. G. Stokvis**, transmise par M. André Blondel.

Les caractéristiques du court-circuit total ou partiel sont : déformation du triangle équilatéral des tensions composées, déséquilibre des vecteurs représentant les admittances, et déplacement du neutre. Il est donc très important de pouvoir suivre le déplacement du neutre en fonction de la déformation du triangle des tensions et du déséquilibre des admittances correspondantes. La méthode classique a été indiquée par Kennelly en 1899. Elle consiste à assimiler les admittances à des forces appliquées aux sommets du triangle des tensions composées. Le calcul basé sur cette théorie devient vite inextricable; les méthodes de la graphique statique qu'on y applique ne permettent pas de tirer des conclusions. Nous pouvons suivre facilement les déplacements du neutre par la méthode suivante, purement géométrique :

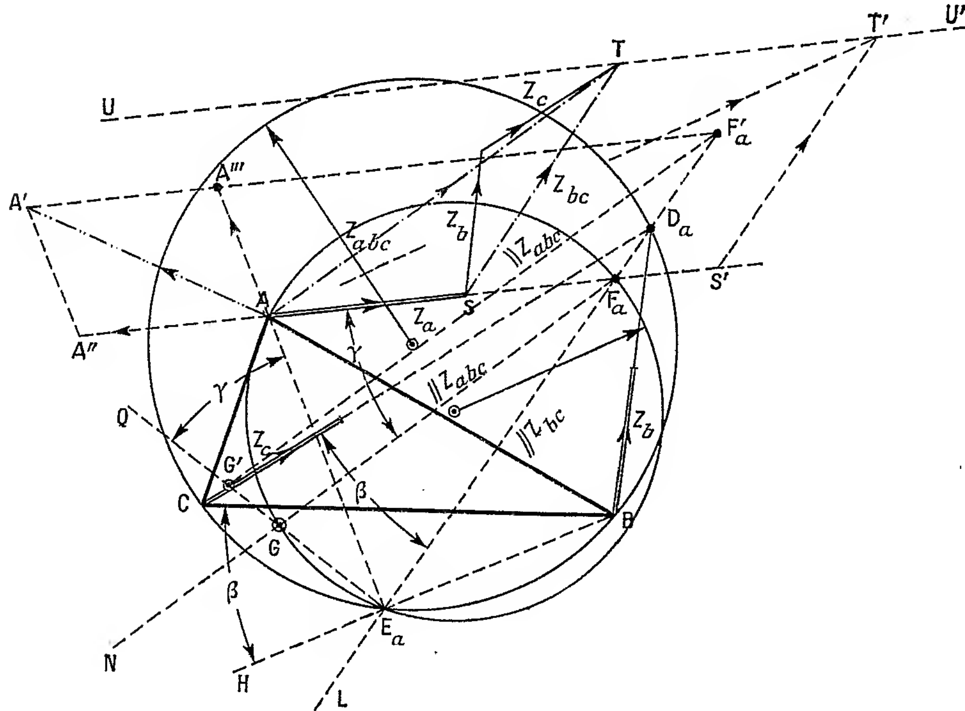
Soient ABC le triangle des tensions composées et Z_a, Z_b, Z_c les admittances correspondantes, qui seront considérées comme vecteurs représentant des forces.

Soit D_a le point d'intersection de Z_b et Z_c. Menons par D_a une droite D_aL, parallèle à Z_{bc}, résultante de Z_b et Z_c. Menons une droite BH par B de telle façon que $\sphericalangle CD_aL = \sphericalangle CBH = \beta$. Soit E_a l'intersection de D_aL et BH. Alors, suivant un théorème de la géométrie, les points B, C, D_a et E_a se trouveront sur un cercle. Si nous déplaçons D_a sur ce cercle, les vecteurs Z_b et Z_c sont décalés du même angle, ainsi que leur résultante qui passe toujours par le point E_a. Pour chaque rotation simultanée, E_a reste donc fixe.

Soit maintenant F_a le point d'intersection de Z_a et D_aE_a. Menons par F_a une parallèle F_aN à Z_{abc}. Menons une droite E_aQ par E_a, de façon que $\sphericalangle AE_aQ = \sphericalangle AF_aN = \gamma$. Soit G l'intersection de F_aN et de E_aQ, alors E_a, G, A et F_a se trouvent sur un cercle. Avec le même raisonnement qu'auparavant, l'on trouve que pour chaque position de F_a sur ce cercle la résultante Z_{abc} de Z_a, Z_b et Z_c passe par le point G, qui est donc le point neutre.

([1]) Séance du 26 décembre 1934.

Si l'extrémité S du vecteur Z_a se déplace dans la direction de Z_a (les vecteurs Z_b et Z_c restant constants) l'extrémité T de Z_{abc} se déplace sur une droite $UU' \parallel Z_a$. Les directions de Z_a, Z_b et Z_c restant constantes, les points A, F_a et E_a resteront fixes et le neutre se déplacera sur le cercle mentionné ci-dessus. Pour $Z_a = 0$ (rupture de phase) le point G se trou-



vera en E_a et, passant sur la circonférence du cercle par G pour la valeur de $Z_a = Z_a$, atteindra le point A pour la valeur de $Z = \infty$ (court-circuit). Remarquons que la position de G (du neutre) ne dépend que de la position et longueur relatives des vecteurs Z_a, Z_b et Z_c, mais non de leurs valeurs absolues. Le neutre ne se déplace donc pas si l'on multiplie ces vecteurs par un autre vecteur $(Z_1 + jZ_2)$. On peut les tourner et agrandir simultanément.

Quand, sous l'influence de la rupture de phase, du court-circuit franc ou limité, le triangle des tensions composées se déforme l'on peut déduire du diagramme précédent le déplacement du neutre. Soit AA' ce déplacement. Décomposons ce vecteur en deux composantes : AA'' (dans la direction de Z_a) et AA''' (dans la direction de E_aA). Le déplacement dans la direction

de AA'' n'a aucune influence sur le déplacement du neutre, de sorte que ce déplacement n'est une fonction que de AA'''. Menons par AA''' une parallèle à Z_a, qui coupe la droite E_aD_a en F'_a. Menons par F'_a une parallèle à Z_{abc}, qui coupe la droite E_aQ en G'. Le point G' sera alors le nouveau neutre, qui s'est déplacé de G à G'. Le lieu géométrique du point neutre, si l'un des sommets du triangle des tensions composées se déplace, les admittances restant les mêmes ou multipliées par le même vecteur, est une droite.

Le lieu géométrique du point neutre pour un triangle des tensions composées données et dont la valeur absolue d'une des admittances est variable est un cercle.

Quand la position du neutre est connue, les courants de phase peuvent être immédiatement calculés, ceux-ci étant le produit vectoriel de la tension et de l'admittance en question.

ÉLECTROCHIMIE. — *L'adsorption de certains colloïdes par les surfaces métalliques, et son influence sur la structure des dépôts électrolytiques.* Note (¹) de M. **Pierre Jacquet**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai montré que certains colloïdes hydrophiles (protéines et peptones) sont retenus énergiquement par les surfaces métalliques et diminuent l'adhérence des dépôts électrolytiques effectués sur ces surfaces [2]. J'avais signalé cependant qu'il est impossible de mettre en évidence une modification quelconque de la structure des couches de cuivre déposé dans ces conditions. Ces expériences avaient été faites sur un support en cuivre parfaitement poli, mais si l'on utilise un support mat obtenu en attaquant la lame métallique par de l'acide nitrique dilué, on constate une diminution considérable de la taille des cristaux; à titre d'exemple les figures 1 et 2 représentent au grossissement de 1000 diamètres la structure du dépôt sur une lame de cuivre laminé et décapé et celle d'un dépôt obtenu sur un support identique mais immergé pendant 30 secondes dans une solution aqueuse de peptone de caséine à un gramme par litre et ensuite abondamment lavé. Cet effet (diminution de la taille des cristaux) explique pourquoi les colloïdes adsorbés sur une lame de cuivre poli ne produisent aucune modification de la structure des dépôts. En effet dans le cas d'un support

(¹) Séance du 7 janvier 1935.

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 921.

poli la cristallisation des premières couches de cuivre est normalement très fine.

Ces résultats m'ont incité à examiner l'effet des couches d'adsorption sur des supports en cuivre de nature physique différente : cuivre électrolytique, cuivre fondu et laminé, cuivre fondu, laminé et recuit (dont la structure est formée de très gros cristaux); ces supports sont soit polis aussi parfaitement que possible, soit décapés dans l'acide nitrique. Dans tous les cas les dépôts sur cuivre poli présentent une structure identique, très fine au voisinage immédiat du support, plus grossière ensuite par suite

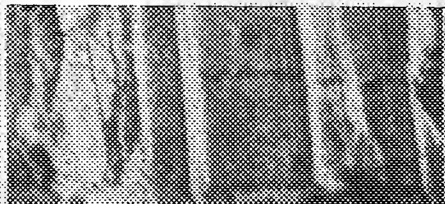


Fig. 1.

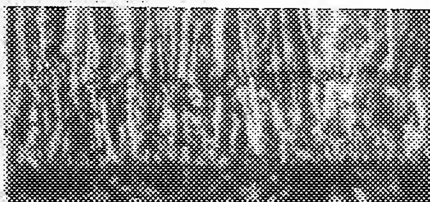


Fig. 2.

de la croissance de chaque cristal initial. Avec les cathodes décapées la continuité cristalline du métal de base dans le dépôt est empêchée par la couche de colloïde sauf dans le cas où le support est constitué de cuivre électrolytique. Ce dernier résultat est d'ailleurs confirmé par l'expérience suivante : on dépose une certaine épaisseur de cuivre sur une cathode laminée possédant une couche d'adsorption de sérum-albumine ou de peptone, puis on effectue de nouveau une immersion dans la solution colloïdale et l'on continue l'électrolyse; l'examen métallographique montre que chaque cristal se continue au delà de la deuxième couche d'adsorption sans aucune modification de forme ou de dimension. Si l'on réalise ainsi plusieurs couches d'adsorption suivies d'électrolyse, tous les cristaux se poursuivent régulièrement, mais ils ne grossissent plus. Ceci est surtout très net lorsqu'on opère sur une lame de cuivre poli : les cristaux restent toujours aussi fins qu'au voisinage immédiat du support tandis qu'en l'absence de colloïde ils grossissent rapidement.

Seules les protéines (gélatine, sérum-albumine, caséinate de soude) et les peptones produisent ces modifications de structure, les gommes arabique et adragante n'ont aucun effet; j'ai d'ailleurs montré précédemment que les essais d'adhérence des dépôts de cuivre permettent d'affirmer que dans les conditions expérimentales utilisées ces gommes ne s'adsorbent pas sur les surfaces métalliques.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques des lames minces de nickel.* Note de M. André Aron, transmise par M. Pierre Weiss.

J'appelle lames minces les dépôts de nickel, habituellement transparents, effectués sur verre, quartz ou métal, par pulvérisation cathodique, sublimation dans le vide, réaction chimique ou électrolyse. Leur épaisseur, très faible, est assez voisine des dimensions ultimes de la matière pour permettre d'espérer quelque amélioration de nos connaissances relatives à la structure atomique des corps solides. Mais les recherches sont rendues extrêmement délicates par la petitesse des effets à mesurer, les modifications de texture cristalline ainsi que l'apparition de structures exceptionnelles.

Ayant obtenu des dépôts de nickel *non ferromagnétiques* par pulvérisation cathodique dans l'argon pur, j'ai réussi à y faire apparaître le ferromagnétisme par une élévation de température de quelques centaines de degrés (¹) même dans l'air à la pression atmosphérique. Au contraire, deux lames préparées par sublimation dans le vide se montrèrent immédiatement ferromagnétiques et, abandonnées à la température du laboratoire, présentèrent une augmentation du simple au double de l'intensité d'aimantation après un repos de plusieurs jours (²). Je m'efforce actuellement de préciser l'évolution thermique de dépôts de nickel réalisés par pulvérisation cathodique et d'en déterminer principalement le point de Curie, par la méthode de torsion à diverses températures. Les résultats les plus caractéristiques sont résumés dans les graphiques ci-contre où sont portées, en ordonnées, les déviations en millimètres à 1^m dans un champ d'intensité H gauss.

Les coefficients d'intensité I/I_0 ont été mesurés au spectrophotomètre d'Arsonval (I_0 étant l'intensité de la lumière blanche pénétrant directement dans l'appareil, I celle de la même lumière ayant traversé préalablement la lame), antérieurement à tout traitement thermique. Les valeurs obtenues montrent que ces lames sont très transparentes (sensiblement neutres) et, par suite, de très faible épaisseur; la transparence augmente fortement, du reste, après le traitement thermique :

1° lame préparée dans l'hydrogène durant 2 heures, $H = 1060^g$, $I = 0,33\,I_0$;

2° même préparation, même champ, $I = 0,5\,I_0$;

3° dans l'azote, durant 65 minutes, $H = 1030^g$, $I = 0,35\,I_0$.

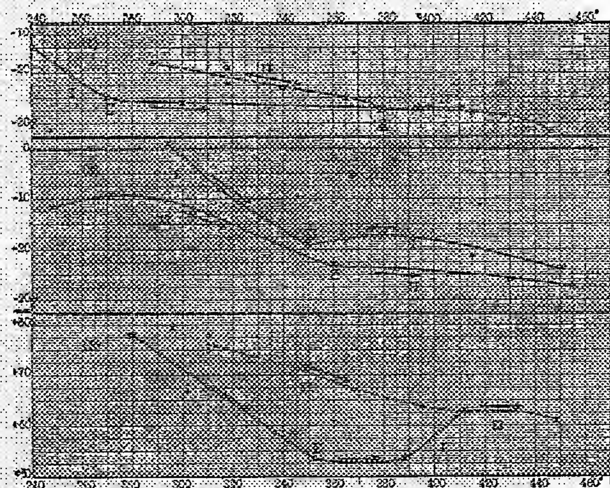
Ces graphiques indiquent nettement l'existence de plusieurs phénomènes

---

(¹) Ingersoll, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 972.

(²) Fait seulement entrevu par Sörensen, *Phy. Rev.*, 24, 1924, p. 658, et Edwards, *ibid.*, 29, 1927, p. 321.

dont certains sont irréversibles (portion I des trois courbes : en traits pleins), d'autres réversibles (portion II des courbes 1 et 3 : en traits interrompus). Le premier chauffage que subit la lame produit une évolution toujours irréversible, caractérisée par l'apparition du ferromagnétisme et par l'existence d'au moins un point anguleux (C, D, E). Les températures



correspondantes (270°, 350°, 352°) semblent en relation avec la durée de l'évolution thermique et ne pas constituer, par conséquent, des valeurs caractéristiques. Le phénomène réversible n'apparaît qu'en second lieu, après une durée de chauffage suffisante, et non pas à une température déterminée. Seule l'oxydation semble pouvoir le faire disparaître. Le point A de la courbe 1 est vraisemblablement le point de Curie. Il est donc de 20° plus élevé que celui du nickel ordinaire (ce dernier a été mesuré exactement dans les mêmes conditions sur un fil de nickel pur et trouvé de 20° inférieur [1]). Le ferromagnétisme subsiste cependant aux températures plus élevées. Il y aurait donc apparition d'une autre variété ferromagnétique à point de Curie plus élevé, non encore déterminé. La courbe II du graphique 2 semble comporter le point de Curie normal égal à 360° (point B), mais l'oxydation a empêché toute vérification ultérieure. Le graphique 3 manifeste clairement (comme 1) l'existence de ferromagnétisme

---

[1] Fait déjà observé sur les lames obtenues par électrolyse (St. Procopiu, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1983).

jusqu'à la température de 450° sans qu'aucun point de Curie ait pu être mis en évidence.

Ces recherches préliminaires vont être poursuivies dans le but de préciser les indications obtenues jusqu'à présent en opérant éventuellement dans un autre gaz que l'air et même dans le vide.

SPECTROSCOPIE. — *La persistance des raies d'intercombinaison.* Note de M. Adolfo T. Williams, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous occupant ([1]) de la règle de Croze ([2]), selon laquelle les raies ultimes ne sont pas des raies d'intercombinaison, nous avons attribué la persistance de certaines lignes de la classe susmentionnée, des atomes du sous-groupe du Hg, à l'augmentation de la différence $^3P_0^0 - {}^1P_1^0$. Déjardin ([3]) confirma cette règle, en comparant la persistance des raies $^1S_0 - {}^3P_1^0$ du Mg (I) et du Si (III). Cette conclusion doit être modifiée d'après les considérations suivantes.

Le manque de persistance des lignes d'intercombinaison est dû, d'après J. Pauling et S. Goudsmit ([4]), à ce que l'interaction entre l et s est petite en comparaison avec les autres interactions et à ce que le couplage ls a peu d'influence dans le mouvement orbital des électrons et que, pour ce motif, *s* ne varie pas pendant la transition; en échange lorsque la séparation entre les termes des triplets n'est pas petite par comparaison avec la séparation entre les triplets et les singulets de la *même configuration*, *s* varie et il peut y avoir des raies d'intercombinaison persistantes. Pour confirmer cette théorie les auteurs donnent pour exemple les éléments du Be au Hg, dans lesquels à mesure que la distance $^3P_0^0 - {}^1P_1^0$ diminue, la séparation des triplets $^3P_2^0 - {}^3P_0^0$ augmente; ceci est exact si l'on compare, non pas la croissance d'une grandeur et la décroissance de l'autre, mais bien leur rapport, c'est-à-dire que $^3P_0^0 - {}^1P_1^0 / {}^3P_2^0 - {}^3P_0^0$ décroît régulièrement, de la façon suivante : 6861,0 (Be); 216,0 (Mg); 53,7 (Ca); 24,9 (Zn); 12,7 (Sr); **7,9** (Cd); 4,6 Ba et **2,5** (Hg) ([5]).

([1]) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 762, et *Contr. est. cien. fs. mat.*, La Plata, **4**, 1928, p. 371.

([2]) *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1285.

([3]) *Journ. Phys. Rad.*, 6e série, **9**, 1928, p. 139.

([4]) *The Structure of Line Spectra*, p. 136.

([5]) Les chiffres en caractères gras correspondent aux rapports pour lesquels il existe des raies ultimes.

Un fait analogue s'observe aussi dans le sous-groupe du C, où il existe des lignes ultimes d'intercombinaison. Le rapport des termes originaires de la configuration s^2p^2 décroît régulièrement : $({}^3P_0 - {}^1D_2)/({}^3P_0 - {}^3P_2) = 24,7$ (C); 28,2 (Si); 5,0 (Ge); 2,9 (Sn) et **2,0** (Pb). Aussi le rapport des termes provenant de la configuration s^2ps diminue régulièrement :

$$\frac{{}^3P^0_0 - {}^1P^0_1}{{}^3P^0_2 - {}^3P^0_0} = 27,5\,(\mathrm{C});\quad 5,0\,(\mathrm{Si});\quad \mathbf{1,5}\,(\mathrm{Ge});\quad \mathbf{1,2}\,(\mathrm{Sn})\quad \text{et}\quad \mathbf{1,1}\,(\mathrm{Pb}).$$

La même observation est applicable aux quadruplets et aux doublets du sous-groupe du N, originaires de la configuration p^2s. On trouve : $({}^4P_1 - {}^2P_2)/({}^4P_1 - {}^4P_3) = 35,8$ (N); 22,8 (P); **1,7** (As) et **1,2** (Sb).

Dans le sous-groupe du Sc (II), Y (II) et La (II) il y a de nombreuses raies ultimes d'intercombinaison et la théorie se vérifie d'une manière parfaite pour quatre différentes configurations, comme le montre le tableau suivant :

Configuration.	Rapport.	Sc (II).	Y (II).	La (II).
d^2..........	$\frac{{}^1D_2 - {}^3F_2}{{}^3F_2 - {}^3F_4} =$	33,4	9,2	5,1
ds..........	$\frac{{}^3D_1 - {}^1D_2}{{}^3D_1 - {}^3D_3} =$	14,2	4,0	1,4
sp..........	$\frac{{}^3P^0_0 - {}^1P^0_1}{{}^3P^0_0 - {}^3P^0_2} =$	48,7	17,5	9,8
dp..........	$\frac{{}^3F^0_2 - {}^1F^0_3}{{}^3F^0_2 - {}^3F^0_4} =$	12,3	5,2	2,7

En résumé, à mesure que la valeur des rapports susmentionnés diminue, l'intensité et la persistance des raies d'intercombinaison augmentent. Il paraît y avoir une valeur critique, puisque les valeurs des rapports pour lesquelles il existe des lignes ultimes sont toutes inférieures à 10,0 et dont 4 sont comprises entre 9,8 et 5,1 et 9 autres entre 4,0 et 1,1. On peut donc prévoir que, si dans un atome il existe des valeurs inférieures à 5,0, on doit trouver des raies ultimes d'intercombinaison. On peut aussi vérifier des conclusions semblables dans d'autres atomes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur l'explosion des mélanges d'air et d'hydrocarbures.* Note [1] de MM. **Paul Mondain-Monval** et **Roger Wellard**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Nous avons pu montrer [2] que des mélanges gazeux d'air et de vapeurs d'hydrocarbures saturés chauffés à volume constant sont le siège de réactions chimiques à une température moyenne assez basse comprise, selon l'hydrocarbure en jeu et la vitesse d'échauffement, entre 190° et 300°. Il nous a été possible de recueillir et d'identifier parmi les produits de la réaction certaines substances appartenant à la famille des oxyalcoylperoxydes, corps extrêmement instables se décomposant violemment par élévation de température avec dégagement de chaleur et de lumière, parfois même avec inflammation du mélange tonnant. D'autre part, des essais directs effectués sur un moteur à explosion nous ont permis de reconnaître que ces oxyalcoylperoxydes apparaissent dans les gaz de fin de compression, à l'intérieur du cylindre, avant l'inflammation par la bougie lorsque, par suite d'un échauffement accidentel ou provoqué, la température du cylindre atteignait 270°, température précisément à laquelle le moteur commence à cogner [3]. Il n'est donc pas douteux que l'apparition du phénomène du choc et celle de la réaction chimique ne soient en étroite corrélation. Bien plus, il apparaît que l'intensité du choc est liée à la teneur en peroxydes du mélange tonnant comprimé dans le cylindre du moteur, au moment même où ce mélange est enflammé par la bougie.

Les expériences que nous rapportons aujourd'hui permettent d'éclaircir la nature de la relation qui existe entre les deux phénomènes.

Un mélange gazeux tonnant d'air et de vapeur d'hexane ou d'essence commerciale légèrement plus riche que le mélange théorique de combustion totale, est enfermé dans une bombe d'acier, sous une pression initiale de 5^{kg}. On l'échauffe à volume constant et, à une température déterminée t_1, on provoque l'explosion par l'étincelle électrique d'un allumage par batterie. L'inflammation des gaz se manifeste par une violente poussée de pression qui est enregistrée grâce à un dispositif particulier dont nous parlerons un peu plus loin.

---

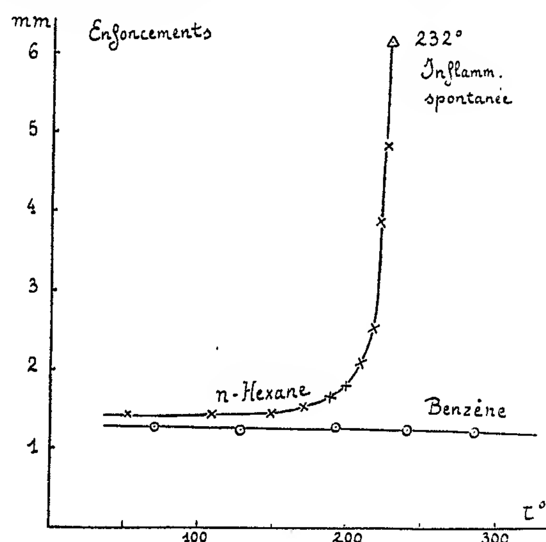
(1) Séance du 2 janvier 1935.

(2) Mondain-Monval et Quanquin, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 299.

(3) Dumanois, Mondain-Monval et Quanquin, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1158.

En répétant une série d'essais analogues à partir d'un même mélange soumis à la même pression initiale, on peut finalement tracer une courbe des poussées explosives d'un même mélange gazeux enflammé à toute une série de températures s'étendant jusqu'à celle d'inflammation spontanée que l'on ne peut évidemment dépasser.

Les poussées explosives ont été enregistrées de la façon suivante : un petit piston cylindrique (section $1^{cm^2},54$) se déplace dans un cylindre sous l'action des gaz de l'explosion. Ce piston porte une pointe d'acier qui s'enfonce plus ou moins profondé-



ment dans un bloc de plomb. Après l'expérience, on apprécie l'enfoncement au vingtième de millimètre en mesurant au microscope, la profondeur de l'empreinte. En portant en abscisses les températures d'explosion et en ordonnées les enfoncements, on obtient une courbe telle que celle de la figure ci-dessus relative à un mélange air-hexane de composition 6,8 pour 100 en poids.

On voit immédiatement sur cette courbe que, jusqu'à 180°, la poussée explosive produit un enfoncement de la pointe sensiblement indépendant de la température. Au contraire, au delà de 180°, température à laquelle commence à se manifester une réaction chimique entre l'air et les vapeurs d'hydrocarbure, la poussée explosive effectue un travail d'enfoncement de plus en plus considérable, croissant beaucoup plus rapidement que la température et devenant extrêmement important au voisinage du point d'inflammation spontanée, à 232°.

Nous interprétons ces résultats par un changement complet de l'allure de la combustion du mélange gazeux, à partir de 180°. Le piston, non étanche pour des combustions à faible vitesse comme celles que l'on observe à la température ordinaire, n'occasionne dans ces conditions qu'un faible enfoncement de la pointe dans le plomb. Au contraire, il se déplacera d'un seul coup et sans fuite, comme sous la percussion d'un coup de marteau, vers 230° si, à cette température, par suite de la présence de peroxydes dans le mélange gazeux, la combustion de celui-ci et la poussée de pression correspondante

peuvent être considérées comme pratiquement instantanées, leurs vitesses de propagation atteignant en réalité plusieurs milliers de mètres à la seconde. Ces vitesses peuvent être envisagées en toute logique dans un mélange inflammable contenant des alcoylperoxydes, molécules douées d'une grande énergie latente qu'elles libèrent en déterminant la combustion quasi instantanée de la masse qui les entoure. On sait, par ailleurs, que de semblables vitesses de flamme ont pu être observées récemment par voie chronophotographique dans des moteurs en régime de choc.

On remarquera que, même sans chercher à établir le mécanisme intime de la relation entre la teneur en peroxydes du mélange gazeux et la vitesse de propagation de la poussée explosive, le changement d'allure de l'explosion que révèle la courbe ci-dessus suffit à expliquer l'origine des efforts brutaux auxquels sont soumis les divers organes d'un moteur qui cogne par suite d'un excès de compression ou d'un échauffement anormal; l'enfoncement de la pointe dans le plomb pouvant, en effet, être considéré comme une image concrète du travail auquel sont soumis ces divers organes, soit en régime normal, soit en régime de choc

Si l'on remplace l'hexane ou les essences commereiales par du benzène, les enfoncements demeurent indépendants de la température, l'explosion est toujours relativement molle; phénomène qui est à rapprocher du fait bien connu que le benzène ne donne pas lieu au choc et n'est le siège d'aucune réaction chimique avec l'oxygène de l'air, au-dessous de 360°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Calcul et représentation graphique des déplacements élémentaires dans les réactions d'équilibres chimiques homogènes. Variations de la température et de la pression.* Note de M. **Pierre Montagne**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons indiqué (¹) les principaux avantages de l'emploi du diagramme triangulaire pour la représentation des réactions d'équilibres chimiques homogènes d'équation



$$(1) \qquad \alpha A \rightleftharpoons \beta B + \gamma C + Q^{cal} \qquad (n = \beta + \gamma - \alpha \geqq 0).$$

Les concentrations relatives des constituants étant représentées par $[a]$, $[b]$, $[c]$, les courbes d'isoéquilibre dans les conditions T et P sont définies par

$$(2) \qquad K_a = \frac{[b]^\beta [c]^\gamma}{[a]^\alpha}, \qquad K_p = F(T) = K_a P^n,$$

et le lieu des points représentant l'évolution d'un système isolé représenté par le point M et soumis à la seule réaction (1) est la droite joignant le

(¹) P. Montagne, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 928.

point M au point E, de coordonnées $X = -\alpha/n$, $Y = \beta/n$, $Z = \gamma/n$, que nous avons appelé point caractéristique de la réaction (1). Le point E est situé sur AD ($BD/DC = \gamma/\beta$) à une distance de D égale à α/n fois AD.

L'emploi combiné du diagramme triangulaire et de la loi d'action de masse nous permet de calculer et de représenter les déplacements élémentaires des réactions d'équilibres homogènes par variation de la pression, de la température, ou des concentrations et de compléter ainsi par une formule quantitative les lois qualitatives déjà connues et récemment précisées par MM. H. Le Chatelier et R. Étienne [1].

Définition de l'avancement de la réaction. — I. Le déplacement de l'état d'équilibre sera défini par le nombre de fois $d\xi$ que la réaction (1) se sera produite, à partir de l'état d'équilibre perturbé pour atteindre le nouvel état d'équilibre, ce nombre $d\xi$ étant rapporté à un volume du mélange gazeux égal à celui d'une molécule-gramme placée dans les mêmes conditions. Nous appellerons $d\xi$ *l'avancement moléculaire élémentaire* [2] de la réaction (1) et nous le considérons comme positif si, pendant cette évolution, des molécules du corps A se détruisent pour former de nouvelles molécules des corps B et C.

Cet avancement moléculaire $d\xi$ est représenté par un segment $\overline{MM'}$ reporté sur la droite ME, ayant pour origine le point M et dont la grandeur et le signe sont ceux du produit

$$\overline{MM'} = n.\overline{ME}.d\xi. \qquad (3)$$

le sens positif sur $\overline{ME}$ étant celui de M vers E. Si la contraction moléculaire $\beta + \gamma - \alpha = n$ est nulle, le produit n.ME de la formule (3) est remplacé par la longueur v du vecteur de composantes trilinéaires ($-\alpha$, β, γ).

II. *Avancement de la réaction dans le déplacement de l'équilibre.* — *a.* L'évolution d'un système chimique subissant un avancement moléculaire $d\xi$ provoque une variation dK_a de la constante K_a (équation 2). Un calcul facile montre que

$$\frac{dK_a}{K_a} = \Xi(M)\,d\xi, \qquad \Xi(M) = \frac{\alpha^2}{[a]} + \frac{\beta^2}{[b]} + \frac{\gamma^2}{[c]} - n^2. \qquad (4)$$

---

[1] H. Le Chatelier, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1557 et 1753; R. Étienne, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1887; 197, 1933, p. 149 et 986.

[2] $d\xi$ est la différentielle de la variable chimique ξ employée par plusieurs auteurs (MM. E. Jouguet, Th. De Donder, etc.).

La fonction $\Xi(M)$ est toujours positive dans le triangle ABC. Elle est maxima sur les côtés et atteint son minimum, égal à $4\,\alpha(\beta+\gamma)$ en un point F de AE, de coordonnées $X_1=\alpha/(\alpha+\beta+\gamma)$, $Y_1=\beta/(\alpha+\beta+\gamma)$, $Z_1=\gamma/(\alpha+\beta+\gamma)$, conjugué harmonique de E par rapport aux points A et D.

b. Déplacement de l'équilibre par *variation de la température*. Soit Q^{cal} la quantité de chaleur dégagée dans la décomposition totale de α molécules de A à la température T. Une variation de température dT à partir de la température T provoque un déplacement de l'équilibre défini par un avancement $d\xi$

$$d\xi=-\frac{Q}{RT^2.\Xi(M)}\,dT \tag{5}$$

et représenté par un segment

$$\overline{MM'}=-n.\frac{Q}{RT^2.\Xi(M)}.\overline{ME}.dT; \tag{6}$$

le sens en est bien conforme à celui qu'impose la loi de Van' t Hoff.

c. Déplacement de l'équilibre par *variation de pression*. A température constante, une variation de pression dP impose à un système isolé un avancement $d\xi$

$$d\xi=-n\frac{dP}{P.\Xi(M)}. \tag{7}$$

La grandeur du segment MM′ qui représente la réaction du système est alors

$$\overline{MM'}=-n^2.\frac{dP}{P.\Xi(M)}.\overline{ME}. \tag{8}$$

Le signe — montre qu'une augmentation de pression provoque une réaction du système tendant à former des molécules A (n est supposé positif ou nul). Si n est nul, $d\xi$ et par conséquent $\overline{MM'}$ sont nuls.

En résumé, nous avons précisé les lois du déplacement de l'équilibre par variation de pression ou de température dans des systèmes homogènes, en substituant aux lois qualitatives des formules quantitatives simples et nous avons montré la possibilité d'une représentation graphique de la réaction des systèmes chimiques contre la variation imposée des variables extérieures, température et pression.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la calorimétrie des solutions salines (système sulfate de soude-sulfate de magnésie-eau).* Note de M. **Jean Perreu**, transmise par M. Pascal.

J'ai effectué, à 19°, des recherches calorimétriques sur les solutions aqueuses ternaires, de sulfate de soude et de sulfate de magnésie, dans le but de vérifier l'équation de solubilité des hydrates. Le diagramme de solubilité du système considéré a été déterminé par MM. Archibald et Gale [1]. L'intersection des nappes de cristallisation du sel de Glauber et du sulfate de magnésie heptahydraté s'étend du voisinage de 0° à 21°,5; les concentrations, sur l'isotherme de 18°,7, sont données par les auteurs ci-dessus.

Concentration des solutions. — Désignons les hydrates $SO^4Na^2.10$ aq. et $SO^4Mg.7$ aq. par les notations S_1s_1 aq. et S_2s_2 aq. Les concentrations c_1, c_2 d'une solution ternaire expriment le nombre de mol/g de chacun des deux sels, par mol/g d'eau totale. Pour la double saturation, j'emploie les notations C_1, C_2. On a : $C_1 = 0{,}0221$; $C_2 = 0{,}0455$.

Chaleurs spécifiques. — La méthode *calorifère* [2], utilisée pour mesurer les chaleurs spécifiques des solutions, m'a donné les résultats suivants :

A. — Solutions de concentrations ($C_2 = 0{,}0455$ et c_1 variable) :

c_1	0,0221	0,0207	0,0165	0,0124	0,00828	0,00414	0
γ (moyen de 19° à 23°).	0,748	0,750	0,753	0,758	0,762	0,770	0,776

B. — Solutions de concentrations ($C_1 = 0{,}0221$ et c_2 variable) :

c_2	0,0414	0,0372	0,0331	0,0248	0,0165	0,0083	0
γ (moyen de 19° à 23°).	0,751	0,764	0,769	0,791	0,810	0,838	0,870

Ces résultats peuvent être représentés par la relation

$$\gamma_{(c_1, c_2)} = \frac{a_1c_1 + a_2c_2 + 1}{b_1c_1 + b_2c_2 + 1}, \tag{1}$$

qui généralise au cas actuel la formule $\gamma_c = ac + 1/bc + 1$ de M. Mathias [3], exprimant la chaleur spécifique des solutions aqueuses binaires. Les coefficients $a_1 = 17{,}641$, $b_1 = 27{,}278$; $a_2 = 11{,}481$, $b_2 = 21{,}043$, trouvés par

---

[1] *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 1760.

[2] Bouasse, *Thermodynamique*, I. *Principes généraux*, p. 89.

[3] *Journal de Physique*, 2e série, 8, 1889, p. 204.

M. Mathias dans l'expression des chaleurs spécifiques moyennes, de 19° à 24°, des solutions aqueuses binaires de sulfate de soude et de sulfate de magnésie conviennent ici. Les écarts entre les chaleurs spécifiques mesurées et les résultats donnés par la formule (I) ne dépassent pas 0,003.

Grandeurs thermiques de dissolution, de dilution et de cristallisation. — Je représente par $q_{1(c_1c_2)}$ et $q_{2(c_1c_2)}$ les chaleurs différentielles de dissolution de la mol/g de chacun des hydrates dans la solution (c_1, c_2); $q_{1(C_1C_2)}$ et $q_{2(C_1C_2)}$ expriment les chaleurs limites de dissolution des deux sels; q_{1_0} et q_{2_0} sont les chaleurs initiales de dissolution. $\Lambda(c_1, c_2)$ est la chaleur intégrale de dilution de la solution (c_1, c_2), rapportée à une mol/g d'eau totale. La chaleur différentielle de cristallisation de la mol/g de l'un des hydrates, dans une solution légèrement sursaturée par rapport à ce dernier, et presque saturée de l'autre sel, est figurée par les notations $k_1(\mathcal{C}_1 C_2)$, $k_2(C_2\mathcal{C}_2)$.

Le principe de l'équivalence, appliqué aux solutions ternaires, permet d'exprimer $q_{(c_1c_2)}$, en fonction de q_0 et de $\Lambda(c_1 c_2)$. J'ai obtenu les relations :

$$\text{(II)}\quad \begin{cases} q_1(c_1, c_2) = q_{1_0} - s_1\Lambda(c_1, c_2) - (1 - s_1 c_1)\left(\dfrac{\partial\Lambda}{\partial c_1}\right)_{c_2} + s_1 c_2\left(\dfrac{\partial\Lambda}{\partial c_2}\right)_{c_1}, \\ q_2(c_1, c_2) = q_{2_0} - s_2\Lambda(c_1, c_2) - (1 - s_2 c_2)\left(\dfrac{\partial\Lambda}{\partial c_2}\right)_{c_1} + s_2 c_1\left(\dfrac{\partial\Lambda}{\partial c_1}\right)_{c_2}. \end{cases}$$

Mesure des chaleurs limites de dissolution : α. Méthode directe. — Pour trouver $q_{1(C_1C_2)}$, on mesure la chaleur mise en jeu par la dissolution de la mol/g du sel $S_1 s_1$ aq., dans les solutions de groupe A, ci-dessus ($C_2 = 0,0455$, et c_1 variable de 0 au voisinage de C_1). On trace le graphique $q_{1(c_1c_2)} = f(c_1)$ et l'on extrapole jusqu'à la saturation C_1, ce qui donne $q_1(C_1, C_2)$. Pour obtenir $q_{2(C_1C_2)}$, on opère de même, avec le deuxième sel et les solutions du groupe B.

Concentrations des solutions ($C_2 = 0,0455$: c_1 variable) :

c_1.........	0	0,00414	0,00828	0,0124	0,0165	0,0207	0,0221 (C_1)
$q_{1(c_1c_2)}$ (cal.).	−17,10	−16,65	−16,30	−15,97	−16,72	−15,51	−15,44 (extrap.)

Concentrations des solutions ($C_1 = 0,0221$: c_2 variable) :

c_2.........	0	0,0083	0,0165	0,0248	0,00331	0,0372	0,0414	0,0455 (C_2)
$q_{2(c_1c_2)}$ (cal.).	−3,52	−4,01	−4,43	−4,70	−4,91	−4,97	−5,02	−5,06 (extrap.)

$$q_1(C_1, C_2) = -15^{\text{cal}},44; \qquad q_2(C_1, C_2) = -5^{\text{cal}},06.$$

β. *Méthode des dilutions.* — Elle repose sur l'application des formules (II), aux solutions doublement saturées. Pour obtenir $q_1(C_1, C_2)$, on mesure q_{1_0}, puis on détermine Λ pour la solution (C_1, C_2), et pour deux solu-

tions, $c_1 C_2$, $C_1 c_2$, c_1 et c_2 étant voisins de C_1 et C_2. Pour avoir $q_2(C_1, C_2)$, il ne reste qu'à mesurer q_{2_0} et à utiliser pour le calcul les valeurs trouvées pour Λ, $\partial\Lambda/\partial c_1$, $\partial\Lambda/\partial c_2$.

Concentrations des solutions c_1.	c_2.	Λ. (cal)
0,0242 ($\mathcal{C}_1$)	0,0455 (C_2)...	−0,0242
0,0221 (C_1)	» » ...	−0,01635
0,0207 »	» » ...	−0,0118
0,0221 (C)	0,0414 » ...	−0,0207

$$q_{1_0} = -18^{cal},7; \quad q_{2_0} = -3^{cal},87; \quad \Lambda(C_1, C_2) = -0,01635$$

$$\left(\frac{\partial\Lambda}{\partial c_1}\right)_{c_2} = -3,4; \quad \left(\frac{\partial\Lambda}{\partial c_2}\right)_{c_1} = 1,06.$$

$$q_1(C_1, C_2) = -18^{cal},7 + 0^{cal},16 + 2^{cal},65 + 0^{cal},48 = -15^{cal},41.$$

$$q_2(C_1, C_2) = -3^{cal},87 + 0^{cal},11 - 0^{cal},72 - 0^{cal},53 = -5^{cal},01.$$

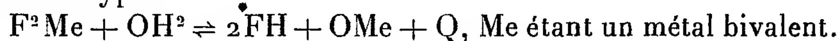
γ. *Méthode de cristallisation.* — On opère avec une solution faiblement sursaturée de l'un des hydrates, et presque saturée de l'autre; on ajoute quelques germes cristallins du premier sel, et l'on mesure l'effet thermique de cristallisation.

J'ai trouvé $k_1(\mathcal{C}_1, C_2) = 15^{cal},40$; $k_2(C_1, \mathcal{C}_2) = 5^{cal},10$.

Les valeurs des chaleurs limites de dissolution des deux sels, obtenues par les trois méthodes ci-dessus, présentent par suite un accord assez satisfaisant.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la vapeur d'eau sur le fluorure cuivrique.* Note de M. **Louis Domange**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Au cours de recherches sur l'acide fluorhydrique et les fluorures, Frémy [1] a été amené à observer que l'attaque des fluorures par la vapeur d'eau est possible. Il n'a d'ailleurs fait, à ce sujet, que des observations qualitatives et, par suite, il était intéressant d'étudier les réactions d'équilibre du type :



$F^2Me + OH^2 \rightleftharpoons 2FH + OMe + Q$, Me étant un métal bivalent.

Nos premiers résultats sont relatifs au fluorure de cuivre.

Ce fluorure a été préparé en faisant passer un courant d'acide fluorhydrique anhydre en excès sur du carbonate de cuivre précipité; la température est maintenue pendant 30 minutes à 150°, puis 1 heure à 400°. Le fluorure obtenu est ensuite traité par un courant de fluor à 400°. L'analyse nous donne 99,7 pour 100 du cuivre théorique.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e, 47, 1856, p. 1.

Après de nombreux essais infructueux ayant pour but d'appliquer des méthodes statiques, nous avons utilisé une méthode dynamique. Dans ce but, nous envoyons un courant de vapeur d'eau à une vitesse donnée, sur le fluorure à étudier placé dans un tube de platine; l'acidité du mélange sortant est dosée volumétriquement; l'expérience étant répétée avec des vitesses de plus en plus faibles, une extrapolation donne la composition du mélange gazeux pour une vitesse nulle, c'est-à-dire à l'équilibre. En fait, nous ne tendons vers l'équilibre que dans un sens.

En vue de réaliser un débit de vapeur d'eau à la fois faible et régulier, nous envoyons un courant d'hydrogène sur de l'oxyde de cuivre chauffé au rouge. Cet hydrogène est emmagasiné dans deux éprouvettes et déplacé par un courant d'eau de débit constant; il est ensuite purifié par les moyens habituels : permanganate de potassium, tournure de cuivre, ponce sulfurique, ponce phosphorique. Il traverse un indicateur de débit avant de se rendre dans le tube à oxyde de cuivre.

La vapeur d'eau formée pénètre dans une enceinte de platine constituée par un tube de 300^{mm} de longueur et de $6^{mm},5$ de diamètre intérieur, prolongé par un autre tube de 210^{mm} et de 2^{mm} de diamètre intérieur. Dans cette enceinte est disposée une nacelle de platine de 90^{mm} de longueur, pouvant contenir environ $0^{g},6$ de fluorure de cuivre. Le tout est porté à la température voulue par un four à résistance de nichrome. La température est mesurée à l'aide d'un couple platine-platine rhodié placé à l'extérieur du tube et à son contact. A la sortie du tube de platine est vissé un tube d'argent en U de 320^{mm} de longueur et de 4^{mm} de diamètre intérieur, refroidi par de l'air liquide. Ce tube est en relation avec l'atmosphère par l'intermédiaire d'un tube de ponce sulfurique.

Au début du chauffage, avant d'envoyer la vapeur d'eau et avant de fixer le tube d'argent, le tube de platine est balayé par un courant d'azote sec pour achever la dessiccation du fluorure.

En fin d'expérience, le tube d'argent préalablement taré est séparé, pesé, ce qui donne le poids de l'eau et de l'acide fluorhydrique recueillis; il est ensuite rincé à l'eau distillée. Les eaux de lavage sont traitées dans une capsule d'argent par de la soude N/5 et l'excès de soude est titré à chaud avec une solution d'acide chlorhydrique en présence de phtaléine. Ce dosage donne le poids d'acide et, par différence, le poids de l'eau de dilution. La vitesse du courant de vapeur d'eau est obtenue en calculant le volume de vapeur qui a traversé le tube de platine pendant la durée d'une expérience.

Les résultats obtenus dans ces conditions sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Température.	V.cm³/m.	FH °/₀ du volume total.	Température.	V.cm³/m.	FH °/₀ du volume total.
200° C.....	9,7	7,5	395° C.....	12,5	48,3
	6,6	8,5		8,7	48,8
	4,8	9,95		6,05	48
	3,75	10,7		0	**48,5**
	0	**12,5**			
300° C.....	18	10,7	450° C.....	11,85	71,25
	9,25	13,5		10,15	71
	5,55	14,6		7,9	71,1
	5,5	14,7		0	**71,5**
	0	**16**			
340° C.....	12,35	20,6			
	10,85	21,1			
	7,5	22,9			
	5,3	22,7			
	0	**24,5**			

La constante d'équilibre à pression constante a pour expression .

$$K_p = \frac{p^2_{FH}}{p_{OH^2}}.$$

En désignant par k le rapport p_{FH}/p_{OH^2} nous obtenons :

$$K_p = \frac{k^2}{k+1}.$$

En appliquant la relation

$$Q_p \text{ calories} = (\operatorname{Log} K'_p - \operatorname{Log} K_p)\frac{T.T'}{T-T'}\frac{R}{J},$$

nous calculons les valeurs de Q :

$$Q_{p_{367}} = -25\,900^{cal},$$
$$Q_{p_{422}} = -24\,450^{cal};$$

nous pouvons donc prendre, de 340° à 450°, $-25\,200^{cal}$.

Nous nous proposons d'étendre nos recherches à d'autres fluorures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'action de l'oxyde d'éthylène sur l'hydrogène sulfuré.* Note de MM. **Alexis Tchitchibabine** et **Michael Bestougeff**, présentée par M. Delépine.

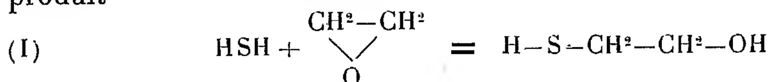
L'oxyde d'éthylène, déjà découvert par Wurtz en 1859, est resté longtemps très peu étudié. C'est seulement dans ces derniers temps, grâce au perfectionnement considérable apporté dans les méthodes de sa préparation, qu'il est devenu plus accessible. On l'obtient industriellement, en l'employant surtout comme produit intermédiaire pour la fabrication d'autres substances. Aussi, dans les dernières années, le nombre de recherches sur ses propriétés physiques et sur ses réactions chimiques a-t-il considérablement augmenté.

Néanmoins, plusieurs réactions assez simples restent inexplorées pour cette substance, très réactive, connue déjà depuis 75 ans.

Ainsi, en mélangeant l'oxyde d'éthylène et l'eau en proportions équivalentes et à une température assez basse, nous avons constaté la formation d'un hydrate cristallin ($C^2H^4O.H^2O$). Il est assez étonnant que jusqu'à présent personne n'ait observé ce phénomène, bien que les solutions aqueuses de l'oxyde d'éthylène aient fait l'objet de nombreuses recherches physicochimiques. L'hydrate en question se présente en aiguilles ou en prismes fondant à $+12°$.

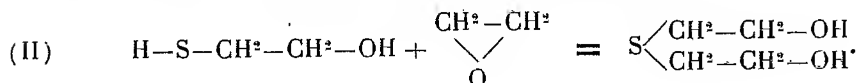
L'action de l'hydrogène sulfuré sur l'oxyde d'éthylène découverte par l'un de nous (T.) restait également inconnue.

Le thioéthylèneglycol se forme dans cette réaction comme premier produit



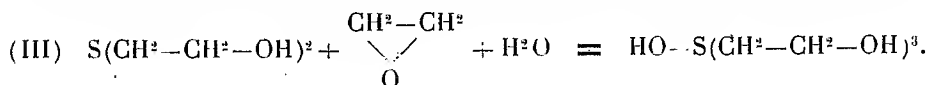
$$\text{(I)}\qquad HSH + \underset{O}{CH^2{-}CH^2} = H{-}S{-}CH^2{-}CH^2{-}OH$$

et, comme produit ultérieur, le thiodiéthylèneglycol



$$\text{(II)}\qquad H{-}S{-}CH^2{-}CH^2{-}OH + \underset{O}{CH^2{-}CH^2} = S\begin{matrix}\diagup CH^2{-}CH^2{-}OH\\ \diagdown CH^2{-}CH^2{-}OH\end{matrix}.$$

Enfin ce dernier composé se combine facilement avec 1mol d'oxyde d'éthylène et 1mol d'eau en formant l'hydroxyde de triéthylolsulfinium



$$\text{(III)}\qquad S(CH^2{-}CH^2{-}OH)^2 + \underset{O}{CH^2{-}CH^2} + H^2O = HO{-}S(CH^2{-}CH^2{-}OH)^3.$$

Cette substance a les caractères d'une base forte.

Ainsi, dans ce cas, nous observons le phénomène un peu étrange de formation d'une base par combinaison d'une substance acide (H^2S) avec une substance strictement neutre (C^2H^4O).

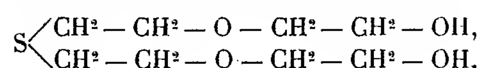
L'oxyde d'éthylène et l'hydrogène sulfuré se combinent assez lentement sans catalyseurs; la réaction ne se passe qu'en présence d'eau ou d'autres substances contenant un hydroxyle. En présence de ces derniers corps, la vitesse de la réaction est encore plus faible qu'avec de l'eau.

Nous effectuons la réaction dans un tube scellé à une température de 8 à 10°; nous plongeons ce tube dans l'eau pour éviter l'élévation de la température qui peut se produire au cours de la réaction.

En prenant les quantités moléculaires d'eau, d'hydrogène sulfuré et d'oxyde d'éthylène, nous avons obtenu après 10 jours de repos le rendement presque théorique, en thioéthylèneglycol bouillant sous 12^{mm} à 54°.

Si l'on effectue la réaction (II) sans précautions suffisantes contre l'élévation de température, on observe un échauffement considérable du produit.

Dans ce cas, le produit obtenu se présente sous forme d'un mélange contenant une petite quantité de substances fortement alcalines (sulfinium). On obtient également un mauvais rendement en thiodiéthylèneglycol, et la majeure partie du produit est constituée par des fractions visqueuses de température d'ébullition élevée. Ces fractions semblent contenir des composés avec un ou deux résidus polyglycoliques du type



$$S\begin{cases} CH^2-CH^2-O-CH^2-CH^2-OH, \\ CH^2-CH^2-O-CH^2-CH^2-OH. \end{cases}$$

Si l'on évite l'échauffement énergique au cours de la réaction en opérant, par exemple, dans des solutions assez diluées et à des températures assez basses, on peut obtenir de bons rendements en thiodiéthylèneglycol (Eb. 130° sous 2^{mm}).

De façon analogue, la formation de l'hydroxyde de triéthylolsulfinium ne se fait bien que dans des solutions diluées. Les produits condensés précités se forment facilement dans des solutions plus concentrées. Ces produits peuvent se former également pendant la concentration des solutions diluées de la base.

En neutralisant par l'acide chlorhydrique les solutions diluées du sulfinium on obtient, après évaporation, de bons rendements en chlorure de

triéthylolsulfinium : $Cl-S(CH^2-CH^2-OH)^3$. Ce chlorure, déjà connu, cristallise dans l'alcool en aiguilles fondant à 127° (¹).

En présence de certains catalyseurs : acides minéraux, chlorure d'aluminium ou métaux lourds, l'oxyde d'éthylène se combine plus rapidement avec l'hydrogène sulfuré.

Nous poursuivons l'étude des produits obtenus dans ces réactions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydation du carvomenthène par l'anhydride sélénieux. Synthèse du carvotanacétol.* Note de M. **Jean Tabuteau**, présentée par M. Lespieau.

Allard (²) a montré qu'en oxydant 1^{mol} de carvomenthène par 2^{mol} d'anhydride sélénieux en milieu alcoolique on obtenait la carvotanacétone et la thymohydroquinone. Borgwardt et Schwenk (³) ont isolé la carvotanacétone du produit du traitement de 1^{mol} de carvomenthène par 1^{mol} d'anhydride sélénieux en milieu alcoolique. Récemment, Dupont, Zacharewicz et Dulou (⁴) ont montré qu'en prenant un excès de pinène par rapport à ce réactif oxydant on obtenait, à côté d'un peu de myrténal, surtout du myrténol. Dans l'espoir d'obtenir avec le carvomenthène le carvotanacétol, nous avons oxydé ce carbure.

Le carvomenthène que nous avons utilisé avait les constantes suivantes :

$$E_{760}=175^\circ;\quad [\alpha]_D=103^\circ,50;\quad d^{18}=0,8232;\quad n_D^{18}=1,4580.$$

A 700^g de ce corps dissous dans 600^g d'acide acétique, on ajoute progressivement, en chauffant au bain-marie et en agitant, 275^g d'anhydride sélénieux finement pulvérisé. On maintient à l'ébullition pendant 2 heures environ. Après séparation du sélénium précipité, on soumet le produit à un entraînement à la vapeur d'eau. On sèche, puis on distille pour séparer le carbure non attaqué des produits d'oxydation. On obtient ainsi 200^g ayant distillé sous 16^{mm} entre 62° et 70°, 410^g ayant passé entre 85° et 120° sous 16^{mm} et un résidu de 30^g. Le spectre Raman des produits de tête et l'indice d'hydrogène nous ont montré qu'ils contenaient 50 pour 100 de carvomenthène non attaqué et 50 pour 100 de cymène. Dans le but de séparer les produits

(¹) Ettel Kohlik, *Collect. de Trav. chim. tchécoslovaques*, **3**, 1931, p. 585. Voir aussi Davies, *Oxford. J. chem. Soc.*, 1931, p. 224.

(²) *Thèse*, Bordeaux, 1933.

(³) *American Chemical Society*, 56, 1934, p. 1185.

(⁴) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1699.

d'oxydation, la portion de 410g a été agitée et laissée en contact pendant une huitaine de jours avec une solution contenant 800g de SO^3Na^2, 480g de CO^3NaH et 3000$^{cm^3}$ d'eau. Les produits non combinés sont extraits à l'éther, les autres sont régénérés par une solution de soude et extraits à l'éther. On obtient ainsi 185g d'un produit cétonique dont les constantes physiques et les dérivés chimiques sont identiques à ceux obtenus par Borgwardt et Schwenk pour la carvotanacétone. De plus le spectre Raman possède les mêmes raies que le spectre obtenu par Dulou [1] avec la carvotanacétone.

Les produits non combinés au sulfite de soude ont donné par distillation une fraction de 215g dont le point d'ébullition est compris entre 110° et 115° sous 14mm. Un indice de saponification nous a montré qu'elle contenait 70 pour 100 d'éther acétique. Un indice d'acétyle met en évidence la présence de 30 pour 100 d'alcool. Après saponification par la potasse alcoolique nous avons isolé une fraction ayant les constantes suivantes :

$$E_3 = 86^\circ; \quad d^{22} = 0,929; \quad n_D^{22} = 1,4790; \quad [\alpha]_D = 7^\circ,97.$$

Réfraction moléculaire $R_m = 46,99$ (th. pour le carvotanacétol 47,23). Le spectre Raman de cette fraction possède une seule raie éthylénique de fréquence 1675 cm^{-1}. Cette fraction hydrogénée par le platine d'Adams en milieu acétique avec quelques gouttes d'acide chlorhydrique fixe une molécule d'hydrogène pour 154g de produit (une molécule-gramme) et donne un liquide ayant les constantes suivantes :

$$E_4 = 80^\circ; \quad d^{22} = 0,905; \quad n_D^{22} = 1,4630; \quad [\alpha]_D = -1^\circ,10.$$

Réfraction moléculaire $R_m = 47,43$ (th. pour le carvomenthol 47,70). Son spectre Raman et ses constantes physiques permettent de l'identifier avec le carvomenthol obtenu par hydrogénation de la carvone dans les mêmes conditions. Le produit que nous avons obtenu est donc le carvotanacétol.

Il est à remarquer que le spectre du carvomenthol obtenu par hydrogénation du carvotanacétol présente quelques raies supplémentaires dans la région 750-800 cm^{-1}. Ceci paraît dû au fait que le carvotanacétol étudié contient vraisemblablement un mélange des formes cis et trans qui, par hydrogénation, peut conduire à des carvomenthols stéréo-isomères.

Nous nous proposons de séparer ces différents isomères et d'en faire l'étude.

---

(1) *Thèse*, Paris, 1934.

LITHOLOGIE. — *Sur quelques gisements de tectites de l'Indochine du Sud.* Note (1) de M. **Edmond Saurin.**

Cette Note a pour but de signaler quelques nouveaux gisements de tectites observés dans l'Indochine du Sud-Est et d'exposer les observations qu'ils permettent. Aux nombreux gisements indochinois indiqués à diverses reprises par M. A. Lacroix (2), je puis ajouter les localités suivantes :

Sud Annam. — *Province de Kontum* : 1° Des tectites m'ont été signalée à Kong Bol.

J'ai personnellement recueilli des tectites aux points suivants :

Province de Pleiku : 2° A 45km du sud du chef-lieu entre les villages jaraïs de Plei Mé Jum et de Plei Hô. *Province du Darlac :* 3° Plei Tung Thang; 4° Buon Thanh; 5° Environs de Buon M'Nar, dans la vallée du Krong Hing; 6° Près de Buon Dlok, dans la vallée du Krong Pach. *Province du Phu-Yen :* 7° Plateau de Van Hoa; 8° Plateau de Phuoc Thuan; 9° Au kilomètre 40 de la route de Tuy Hoa à Cung Son. *Province du Haut-Donnaï :* 10° Le gisement très riche de Dalat, déjà signalé et étudié par M. A. Lacroix (2) s'étend sur tout le plateau du Lang Biang. On trouve des tectites aux environs de Baneur et d'Ankroët. On en trouve aussi d'assez rares fragments à la base Ouest du mont Lang Biang jusqu'à 1640m d'altitude; 11° Contreforts Ouest du massif Bi Doup, à 1600 et 1670m d'altitude; 12° Sur le plateaux Mâ, à Bon M'Rat. *Province du Binh Thuan* (Phan Thiet) : 13° Dans la plaine côtière de Phan Ri, à 3km à l'Ouest de Lê-Nghi.

Cambodge oriental. — *Province de Kratié :* 14° Région de Cheavar, Svai Chrum, Sré Antong; 15° Vallée du Prek Té aux abords du pont qui traverse cette rivière sur la route coloniale n° 13. — *Province de Kompong Cham :* 16° Dans la région de Mimot, à 3km est de Phum Chantors.

Cochinchine. — *Province de Tay Ninh :* 17° Près de la frontière du Cambodge et de la région de Mimot, à Sroc Con Trang.

Cette rapide énumération qui résulte du hasard de mes derniers itinéraires et non pas de recherches méthodiques montre, *a fortiori*, l'extension et la grande abondance des tectites dans l'Indochine du Sud-Est. Elles s'y trouvent dans ou sur des éluvions et alluvions dont le substratum appar-

---

(1) Séance du 7 janvier 1935.

(2) *Archives Muséum d'Hist. nat.*, 6e série, 8, 1932, p. 146, et *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 6.

tient à l'un quelconque des terrains qui constituent le pays : gneiss et micaschistes (Buon Thanh), schistes métamorphiques (plateau du Lang Biang-Lê-Nghi), granite (Plei Mé Jum, Buon D'Lok, Buon M'Nar), andésites et grès permo-triasiques (province de Kratié), dacites (Bi Doup-Lang Biang), basaltes (Bon M'Rat, Plei Tung Thang, Van Hoa, Phuoc Thuan). Cette répartition, indifférente au substratum, montre là encore que les tectites n'ont aucune relation avec celui-ci, et ne se rattachent aucunement à des roches éruptives, contrairement à certaine opinion locale qui veut voir en elles des verres basaltiques, au mépris d'ailleurs de leur composition chimique.

Quant aux relations des tectites avec les alluvions et éluvions dans ou sur lesquelles on les trouve, on peut observer ce qui suit :

A Dalat et dans la vallée du Krong Hinh (Buon M'Nar), elles se trouvent sur des éluvions et sous des alluvions qui recouvrent celles-ci. A Dalat et à Bon M'Rat, on les trouve dans une couche formée de débris de latérite et de roches locales, surmontée d'alluvions récentes qui, sur le plateau du Lang Biang, atteignent près de 2^m dans les dépressions. Mais, dans le plus grand nombre de cas, les tectites se trouvent à la surface d'éluvions et alluvions, associées à des cailloutis comprenant des fragments de latérite et de roches dures du substratum; ces cailloutis, résultent d'un ruissellement local qui en certains points a concentré ces éléments. Les fragments ferrugineux proviennent de latérite plus ou moins remaniée formée le plus souvent *in situ* dans ces alluvions ou éluvions toujours relativement anciennes.

Celles-ci, plus ou moins latéritisées, forment en effet des terrasses ou recouvrent des niveaux d'érosion dont les plus récents sont à $30\text{-}40^m$ au-dessus des niveaux de base (légèrement plus bas, $20\text{-}25^m$ dans la vallée du Krong Hinh). Je n'ai pas rencontré de tectites dans les alluvions récentes et je n'en connais point notamment dans la vaste région alluviale de la Basse-Cochinchine. La chute des tectites aurait ainsi précédé le dépôt des alluvions récentes.

D'autre part, certaines tectites se montrent encroûtées de concrétions latéritiques (Prek-Té, Lê-Nghi), fait déjà signalé par M. A. Lacroix dans les gisements de Smach (Cambodge occidental) (¹) et de Sim San (île d'Hainan) (²).

(¹) *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 117.
(²) *Ibid.*, **199**, 1934, p. 9.

Or, dans l'Indochine du Sud, les alluvions récentes n'ont pas subi de latéritisation; les dernières en date des latérites, qui sont des latérites pisolitiques le plus souvent non agglomérées, se sont formées dans des alluvions sableuses dont les plus récentes constituent des terrasses de 10^{m}, soit littorales (côte du Sud-Annam), soit fluviatiles (Cochinchine). Selon ce critère, la chute des tectites, qui peut être plus ancienne si j'observe que je n'en ai pas trouvé sur ces bas niveaux, ne pourrait être en tout cas postérieure à la formation et à la latéritisation du niveau de 10^{m}, soit au n° 6 de l'échelle chronologique suivante du Quaternaire du Sud indochinois : 1. Plaines côtières de 125 à 100^{m} (Sud-Annam) et pénéplaine de 100^{m} (Cochinchine) avec cuirasse latéritique. — 2. Basaltes. — 3. Plaines côtières de 100 à 40^{m}. Terrasses de 40^{m} avec latérites du type Bienhoa. — 4. Basaltes. — 5. Terrasses de 20-25^{m} avec latérites du type Bienhoa. — 6. Terrasses de 10-15^{m} avec latérites pisolitiques. — 7. Terrasse marine de 4-5^{m}. Basses terrasses fluviatiles. — 8. Terrasse marine de 2^{m}. — 9. Formations actuelles.

HYDROLOGIE SOUTERRAINE. — *Sur la percée hydrogéologique pénétrable la plus profonde connue : le gouffre Martel (Ariège).* Note de M. **Norbert Casteret.**

L'Union pyrénéenne électrique, voulant capter les eaux du cirque du Lez (Ariège) par un tunnel collecteur en hémicycle, creusé à 1900^{m} d'altitude, fut amené à constater que le torrent d'Albe disparaissait par une étroite crevasse rocheuse dans les hautes régions du cirque, à 2200^{m} d'altitude. Une expérience de coloration, à l'aide de fluorescéine, révéla que la réapparition de ces eaux se produisait à 3^{km} de distance et 530^{m} plus bas (à l'altitude de 1670^{m}) par une résurgence également impénétrable.

Chargé d'éclaircir le mystère de cette circulation pour essayer de récupérer et d'utiliser le torrent souterrain, nous avons découvert, à 1700^{m} d'altitude, une entrée de grotte qui nous a donné accès dans le cours souterrain jusqu'alors inconnu.

Sur une longueur de 1800^{m} le torrent, dont nous avons remonté le cours, s'écoule dans une vaste galerie à pente insensible.

Au delà on se heurte à une série de cascades verticales de 6 à 10^{m} de hauteur que nous avons escaladées avec de grandes difficultés jusqu'à une septième cascade infranchissable, défendue par un lac profond. Ce point est situé à 2050^{m} de l'entrée de la caverne et à environ 100^{m} plus haut.

Non loin de la perte initiale du torrent, à 2170^m d'altitude, nous avons pénétré dans l'orifice étroit d'un puits naturel, jusqu'alors également inconnu, qui débouche sur le cours souterrain du torrent, lequel tombe en une série de cascades imposantes dans une succession de puits superposés.

A la corde lisse et à l'aide d'échelles de corde, nous avons pu descendre jusqu'à 225^m de profondeur, où nous avons été arrêtés par la violence des cascades, leur température intolérable (4°) et faute de matériel.

Le plan exact de cette énorme cavité nous a révélé qu'à 135^m de profondeur le gouffre souterrain n'est séparé des falaises du cirque que par une épaisseur de roche de 70^m. C'était la solution du problème de la récupération du torrent souterrain. Un tunnel horizontal de 70^m de long, creusé de l'extérieur vers l'abîme, va être prochainement creusé pour ramener au jour les eaux qui, par leur cours souterrain, échappaient au plan de captage et qui, désormais, iront actionner les turbines de l'usine hydroélectrique d'Eylie, située à 1000^m en contre-bas, dans la vallée.

A cette application utilitaire et industrielle d'une exploration souterraine, s'ajoute le fait que cette percée hydrogéologique de 530^m de dénivellation est pénétrable sur 482^m de profondeur et le deviendra peut-être en totalité après le captage et la dérivation projetés qui supprimeront les cascades souterraines, les lacs et la rivière plane de l'étage inférieur.

Cette profondeur de 530^m serait alors la troisième par ordre de grandeur après le Bus della Preta (Italie) qui mesure 637^m et l'abîme de Gorchia (Italie) qui atteint 533^m.

L'étude de cette circulation souterraine qui s'effectue de bout en bout à un contact géologique (calcaires dévoniens et schistes ordoviciens) confirme que le creusement, dans une crevasse de dislocation préexistante, s'est fait par érosion, corrosion et pression hydrodynamique des eaux tourbillonnaires.

On savait que beaucoup de gouffres servaient de réservoirs à des résurgences situées beaucoup plus bas et parfois fort éloignées; mais les grands gouffres connus avaient toujours été trouvés sans issue par suite de rétrécissements, éboulements ou siphonnements. C'est seulement sur des profondeurs inférieures à 100^m, qu'on avait pu, comme à Bramabiau (Gard, 1888), la Courounelle à Minerve (Hérault, 1903), etc., pénétrer par un gouffre et ressortir par une résurgence. Celui que nous avons découvert en 1932-1933 possède deux orifices; il est traversé du haut en bas par un torrent très actif et permanent qui constitue la percée hydrogéologique

pénétrable la plus profonde connue, elle est remarquable encore par son altitude.

Ce dispositif illustre, de la plus heureuse façon et à la plus vaste échelle constatée, le mécanisme de ces percées et confirme en tous points les observations accumulées et les lois formulées depuis 1888 sur les abîmes et les eaux souterraines par M. E.A. Martel. Pour ces raisons nous avons donné au nouvel abîme, qui est le plus profond de France, le nom de *Gouffre Martel*.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Aréisme et mouvements du sol dans les plaines argentines*. Note (1) de M. **Emmanuel de Martonne**.

Une enquête sur l'extension du domaine aréique dans l'Amérique du Sud m'a permis de montrer qu'il traverse en diagonale le continent du rivage pacifique au rivage atlantique (2). Comme cause de cette anomalie, sans autre exemple à la surface du Globe, j'ai indiqué une combinaison particulière des influences climatiques et les conditions spéciales du relief des Andes, dont le morcellement a créé une série de bassins abrités précisément à la latitude où la dégradation du régime pluviométrique est le plus marquée. Il reste à expliquer l'absence d'écoulement dans des plaines comme le Chaco méridional et la Pampa, où les précipitations sont plus abondantes que dans le Bassin Parisien, et où les Indices d'aridité (3) sont souvent supérieurs à 30. Les recherches à ce sujet me conduisent à envisager une extension des phénomènes orogéniques qui affectent les Andes aux plaines elles-mêmes.

L'organisation du drainage suppose non seulement une certaine relation entre les précipitations et l'évaporation, mais l'existence d'un système de pentes continues dirigées vers la mer, ou la possibilité d'en réaliser un par érosion ou remblaiement. Cette possibilité peut être supprimée par des mouvements du sol, même de faible amplitude, s'ils sont persistants, et cela d'autant plus facilement que la nature du sol est moins favorable à l'écoulement superficiel (terrains perméables, cailloutis, sables, loess). Or la plaine argentine offre soit des pentes trop faibles, soit des pentes tournées vers des dépressions intérieures; il est impossible de comprendre

(1) Séance du 7 janvier 1935.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 592.

(3) J'ai défini l'indice d'aridité (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1395) comme une fonction des précipitations et de la température.

leur persistance si elles ne sont pas entretenues par des mouvements du sol; et cette hypothèse paraît vérifiée dans certains cas.

Le sud de la Province de Buenos-Aires, où les pluies sont de 800^{mm} et l'indice d'aridité de 30, peut être cité comme exemple de ce que j'ai proposé d'appeler l'*aréisme humide* (1). Les grandes pluies y amènent des inondations couvrant la moitié des terres. L'eau s'infiltre ou s'évapore sur place. Les travaux ou projets des ingénieurs sont restés vains (2). D'après les cartes détaillées de l'Institut géographique de Buenos Aires, qui montrent la multiplication des lacs sans écoulement, les pentes sont souvent comprises entre 0,1 et 0,3 pour 1000, valeurs trop faibles pour l'écoulement sur un sol de loess.

La plaine du Chaco argentin est encore peu connue. Les indications des stations météorologiques situées du côté du Parana ou au pied des Andes ne permettent pas d'attribuer à son centre des précipitations inférieures à 700^{mm} et des indices d'aridité de moins de 20. Elle n'est cependant traversée que par un très petit nombre de rivières venant toutes des Andes; aucun cours d'eau ne peut s'y former, en dehors des abords du Parana, où la nappe phréatique donne des sources salées. Or les pentes, mesurées grâce aux nivellements des lignes de chemins de fer, sont extraordinairement faibles pour une plaine alluviale construite par des cours d'eau montagnards à régime tropical; elles ne dépassent 1 pour 1000 qu'au pied des Andes, sur une largeur de 70 à 80^{km}, et restent voisines de 0,3 pour 1000 sur 300 à 400^{km}. Pourtant le Rio Dulce de Tucuman, le Rio Lerma de Salta, le Juramento, le Rio Grande de Jujuy charrient tous de gros galets au débouché des montagnes et sont accompagnés de terrasses étagées dans les dépressions subandines. Ils ont maintes fois changé de lit dans la plaine, où de nombreuses traînées marécageuses indiquent que l'alluvionnement s'est étalé partout. On est conduit à supposer un tassement qui contre-balance l'accumulation.

Sa réalité est prouvée par le cas du Mar Chiquita de Cordoba, grand lac saumâtre sans écoulement, où viennent se concentrer les eaux du Rio Dulce. Ces eaux atteindraient peut-être le Parana, sans le jeu d'une faille Nord-Sud, à regard occidental, établie par les sondages qui ont montré le

---

(1) EM. DE MARTONNE et L. AUFRÈRE. *Les régions privées d'écoulement vers la mer* (*Public. de l'Union géogr. internationale*, 1928).

(2) Voir le Rapport officiel de l'ingénieur G. POSADAS, *La solución del problema de los desagues e inundaciones en la Provincia de Buenos-Aires*, 1933.

Trias butant contre le cristallin. Cette dislocation, voilée par les sédiments pampéens, est parallèle aux failles méridiennes bien visibles dans les Sierras de Cordoba et à celle qui, d'après Frenguelli, aurait fixé la position de la berge du Parana dans l'Entre Rios.

Plus au Sud, les plaines de Mendoza et San Juan montrent dans les anomalies de l'hydrographie l'influence d'un jeu de blocs semblable, voilé par le Pampéen. En raison du climat beaucoup plus sec (précipitations, 250^{mm}; indice d'aridité, 5 à 10), on ne trouve plus de lacs saumâtres, comme le Mar Chiquita, mais des plaines salines (Salinas), occupant des ombilics, vers lesquels les eaux des Rios montagnards sont attirées suivant les tracés les plus inattendus, et d'où elles ne réussissent à échapper, parfois, que très diminuées. Un de ces ombilics, la Laguna Bebedero, a été occupé au Quaternaire par un lac d'eau douce, comme le prouve la faune des plus hautes terrasses qui entourent la plaine saline actuelle (Doering). On ne saurait comprendre le tracé du Rio Mendoza et celui du Desaguadero sans admettre qu'ils suivent des lignes de dislocation, voilées par les sédiments pampéens. Les tremblements de terre fréquents, qui ont détruit Mendoza au XIXe siècle, témoignent de l'instabilité persistante du Piémont andin.

Le cas des plaines argentines n'est sans doute pas unique; nous y voyons un des meilleurs exemples de l'influence de mouvements du sol récents sur l'extension de l'aréisme.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la tensio-négativité sur la structure de la cellule végétale.* Note de M. **Marcel Mascré** et Mlle **Alice Rollen**, présentée par M. L. Mangin.

Si de nombreuses recherches ont été consacrées à l'étude du rôle que joue la tension superficielle dans les phénomènes biologiques, il ne semble pas que l'on ait étudié systématiquement son influence sur la structure même de la cellule vivante. Sans doute, des substances comme l'éther et le chloroforme, qui agissent sur la tension superficielle, ont été étudiées à ce point de vue, notamment par l'un de nous (¹). Mais l'action de ces substances est trop complexe pour que l'on puisse dégager nettement la part qui revient, dans leur action, à leurs seules propriétés tensio-actives. C'est pourquoi

(¹) M. Mascré et P. Picard, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 80, 1933, p. 326.

nous avons entrepris de nouvelles recherches en utilisant les octanols primaire et secondaire.

L'expérience a consisté à immerger pendant un temps variable (de quelques minutes à six heures) des racines d'*Allium sativum*, préalablement développées dans l'eau, dans de l'eau saturée d'octanol. De telles solutions ont une tension superficielle statique de 32 à 36 dynes (eau distillée : 72 dynes) et renferment un pourcentage d'octanol qui peut varier de 1 pour 20000 à 1 pour 100000. Il nous apparaît qu'on peut rapporter au seul abaissement de la tension superficielle du liquide les modifications provoquées dans la structure de la cellule. Ces modifications ont été établies par comparaison avec des témoins sur des pièces fixées aux liquides de Flemming, de Meves, de Regaud (formol-bichromate), après coloration des coupes par les méthodes d'Heidenhain, de Regaud, de Küll, ou par la safranine et le vert Lumière. Ce sont les suivantes :

On observe peu de changement au niveau des chromosomes qui conservent leur forme et leur colorabilité; on constate seulement parfois un léger gonflement, avec tendance à la confluence de chromosomes voisins Les noyaux au repos, en interphase ou aux débuts de la prophase, lorsque les chromosomes n'ont pas encore achevé leur différenciation, sont modifiés de façon plus marquée. Ils diminuent nettement de volume : de moitié environ; la membrane devient moins distincte; le réseau nucléaire s'efface et l'on obtient finalement une masse sensiblement homogène et très faiblement sidérophile. Les nucléoles tendent à disparaître; ils perdent de leur homogénéité, prennent un aspect vacuolaire, se résolvent finalement en granulations sidérophiles qui, dans les expériences de longue durée (5 ou 6 heures), peuvent elles-même disparaître; on ne trouve plus trace, alors, des nucléoles. Assez fréquemment, on a observé uue fragmentation ou un étirement de la masse nucléaire.

Le cytoplasme est à peine modifié. Contrairement à ce qu'on a observé avec des solutions aqueuses d'éther ou de chloroforme, il n'y a pas plasmolyse; il n'y a pas granulisation du cytoplasme et la structure vacuolaire demeure sensiblement inchangée.

Le chondriome est très rapidement modifié; il est détruit à peu près complètement en quelques minutes. Les chondriocontes se résolvent d'abord en grains, comme l'un de nous l'a observé après action de l'éther ou du chloroforme [1]. Puis, apparaissent de très nombreuses vésicules se colo-

---

(1) M. Mascré et P. Picard, *loc. cit.*

rant par les méthodes mitochondriates. Lorsque cette transformation est achevée, on n'observe plus, dans la cellule, que des grains et des vésicules. En même temps, il y a lipophanérose et la cellule renferme un certain nombre d'inclusions lipidiques fortement réductrices. Ces inclusions sont nettement distinctes des vésicules signalées précédemment. Cependant, certaines de ces vésicules présentent, à leur intérieur ou sur leur pourtour, des granulations osmio-réductrices.

Si l'action de l'eau octanolée rappelle par divers points celle de l'eau éthérée ou chloroformée, on constate cependant quelques différences. Dans les expériences de M. Mascré et P. Picard, il y avait seulement granulisation sans vésiculisation des chondriocontes; ici la vésiculisation est très sensiblement constante. L'eau octanolée ne provoque pas la granulisation du cytoplasme et le vacuome n'est pas modifiée; il n'y a pas non plus plasmolyse. On n'a pas observé les aspects d'alvéolisation des noyaux prophasiques que provoque l'eau éthérée ou chloroformée. Enfin, la disparition du nucléole, que peuvent parfois provoquer l'éther ou le chloroforme se fait ici avec une allure assez particulière.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variations de l'imbibition plastidale pendant la chloroplastogenèse, l'amylogenèse et l'amylolyse.* Note de M. **Albert Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai montré antérieurement le rôle important que joue l'imbibition dans les variations de volume du noyau et dans les processus physicochimiques qui déterminent l'apparition des vacuoles amylogènes dans le stroma plastidal.

De même que les noyaux, les plastes peuvent présenter une croissance organique, qui se produit notamment pendant la croissance cellulaire, et qui pour les chloroplastes se manifeste nettement dans les cellules où ces organites sont en voie de division.

La différenciation des chloroplastes aux dépens des leucoplastes dans les cellules en croissance est accompagnée, comme le montrent les observations de Guilliermond, d'une forte augmentation de volume; il est légitime de penser que celle-ci est le résultat d'un développement organique de la substance plastidale en rapport avec la croissance de la cellule, et d'autre part de l'union étroite des micelles de chlorophylle aux micelles du plaste, dans l'édifice coloïdal d'aspect homogène, qui constitue ce dernier. Cet

accroissement de volume est d'ailleurs des plus apparents, lorsque l'on compare dans une cellule de tubercule de Pomme de terre en hydrolyse un plaste amylifère verdissant à un plaste analogue non verdissant. A ces deux facteurs, qui ont leur valeur, doit s'ajouter un troisième, le plus important de tous, qui est l'état d'imbibition du plaste vert.

Il est indéniable en effet, que le plaste chlorophyllien peut présenter de grandes variations d'imbibition. Leur existence résulte immédiatement de la diminution considérable de masse que présente l'écorce verte d'un chloroplaste foliaire pourvu à la fin de la journée d'un volumineux grain d'amidon, vis-à-vis du même chloroplaste dans lequel cet amidon a disparu pendant la nuit. Or la quantité de chlorophylle du plaste n'a pas varié, et il est logique de supposer que la substance organique du plaste, qui lui est étroitement associée, s'est conservée également. Il faut donc attribuer la réduction de volume de la masse chloroplastidale à une différence d'imbibition, pouvant porter d'ailleurs aussi bien sur les micelles plastidales incolores que sur les micelles chlorophylliennes : le plaste vert se désimbibe pendant la formation de l'amidon et se réimbibe pendant sa digestion.

Des variations d'imbibition moins importantes, mais de même ordre, se manifestent au cours de l'amylogenèse et de l'amylolyse chez les leucoplastes.

On sait, d'après les observations de Guilliermond, que dans les volumineux grains d'amidon des tubercules de Pomme de terre le volume de l'écorce plastidale diminue au cours de la synthèse. Or si l'on apprécie la masse de ce stroma, par rapport à celle du plaste originel, en comparant les réactions chloroplastogènes des plastes amylifères dans les cellules jeunes de l'extrémité et adultes de la base de rejets verdissant activement, on constate qu'au cours de l'amylogenèse il s'est produit une forte augmentation de la masse organique plastidale. Ce fait est confirmé d'ailleurs par cette observation que dans les cotylédons de Légumineuses, où les phénomènes d'accumulation d'amidon sont entièrement comparables, la masse plastidale, plus ou moins teintée de vert par la chlorophylle, s'accroît notablement comme je l'ai signalé antérieurement pendant la période de croissance du grain.

Si donc, chez la Pomme de terre, le volume du stroma plastidal apparaît à la fin du développement du grain en diminution, il faut en conclure à un phénomène de désimbibition. Cette désimbibition est moins accusée sur la face du grain, que recouvre la calotte plastidale, que sur la face opposée, et cette différence qui constitue l'un des signes de l'hétérogénéité

physicochimique du plaste, se trouve confirmée par cette observation, que la réaction loculaire des gros plastes amylifères, pendant l'hydrolyse du tubercule, se manifeste toujours, quand elle a lieu, sur la face opposée au hile, au sommet ou sur les côtés de la calotte. Ce phénomène de désimbibition, qui est masqué dans les cotylédons des Légumineuses par la présence des micelles de chlorophylle et par l'accroissement organique plastidal, doit être regardé comme un des signes traduisant la modification chimique résultant pour le plaste de son activité amylogène. Cette modification défavorable à la vie du plaste peut d'ailleurs entraîner la mort de la région de cet organite où elle est la plus accusée comme le montre la présence dans les cotylédons de diverses Légumineuses et dans le tubercule de Ficaire, de nombreux grains d'amidon dont une moitié corrodée et à digestion interne témoigne de la disparition sur cette face de l'écorce plastidale.

Les phénomènes d'imbibition des leucoplastes pendant la digestion du grain d'amidon sont faciles à observer, dans de nombreuses cellules amylifères (tubercules de Pomme de terre, de Ficaire, écailles de Lis, etc.) où le stroma devient nettement plus épais pendant l'hydrolyse et certains de leurs aspects ont été décrits sous le nom de régénération du plaste.

En résumé, il résulte de ce qui précède que la chloroplastogenèse et l'amylolyse déterminent chez les plastes un accroissement d'imbibition, tandis que l'amylogenèse exerce une action inverse.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réactions d'immunité des plantes vis-à-vis du* Bacterium tumefaciens. Note (¹) de M. **J. Magrou**, présentée par M. A. Gosset.

Le *Bact. tumefaciens* ne se développe pas au sein des tissus dont il provoque la prolifération. Ce fait nous a conduit à chercher si le suc des végétaux sensibles ne serait pas capable d'agir *in vitro* sur la bactérie cécidogène.

Pouvoir agglutinant. — Son existence a été recherchée, chez le *Pelargonium zonale* et le *Chrysanthemum frutescens* : 1° dans le suc des tumeurs; 2° dans le suc des plantes saines; 3° dans le suc des parties saines de rameaux portant une tumeur. Le suc végétal, obtenu par broyage et filtré sur bougie Chamberland L_3, est réparti, aux concentrations de 1/50ᵉ, 1/100ᵉ,

(¹) Séance du 7 janvier 1935.

1/200e, 1/500e, 1/1000e, dans une série de tubes renfermant des suspensions de *B. tumefaciens* (1cg de germes pour 20cm³ d'eau salée). Dans quelques expériences, nous avons éprouvé l'action de concentrations plus faibles (1/2000e, 1/5000e, 1/10 000e), ou plus fortes (1/10e). Les tubes sont examinés après 24 heures de séjour à la température du laboratoire.

Dans ces conditions, le *suc de tumeur* a constamment produit une agglutination qui, 8 fois sur 11 dans le cas du *Pelargonium*, était encore nette au taux de 1/1000e (dilution maxima essayée), et 4 fois sur 6 dans le cas du *Chrysanthemum*, se manifestait encore au taux de 1/10 000e. (Dans les cinq autres expériences, la plus forte dilution donnant lieu à l'agglutination variait de 1/200e à 1/4000e.)

L'intensité de l'agglutination se maintient à un maximum aux concentrations les plus fortes; puis, à partir d'une certaine dilution, elle diminue proportionnellement à la concentration. Le graphique qui représente l'intensité de l'agglutination en fonction de la concentration, a donc la forme d'un plateau horizontal, suivi d'une ligne oblique descendante.

Les suspensions bactériennes ont été préparées à partir de deux races distinctes de *B. tumefaciens*, dont l'une est pathogène pour le *Pelargonium* mais non pour le *Chr. frustescens*, tandis que l'autre est pathogène à la fois pour les deux espèces. Le suc de tumeur de *Pelargonium* agglutine indifféremment les deux races; le suc de tumeur de Chrysanthème, 5 fois sur 6, a agglutiné de façon plus intense et à des dilutions plus élevées la souche pathogène pour le Chrysanthème; dans le sixième cas, cette spécificité ne s'est pas manifestée.

Le *suc des plantes saines* s'est montré doué aussi, fréquemment sinon constamment (11 fois sur 13), de pouvoir agglutinant, mais le phénomène affecte une allure différente. Au lieu que l'intensité de l'agglutination soit proportionnelle à la concentration du suc végétal, elle est, le plus souvent, nulle aux concentrations fortes, atteint rapidement un maximum pour une concentration optima, puis décroît brusquement aux concentrations plus faibles. Elle ne se produit donc que dans une zone de concentrations *étroitement limitée*, et la représentation graphique du phénomène donne une courbe en clocher. On voit par là que le suc tumoral diffère nettement du suc normal par l'élargissement de la zone de concentrations où il est capable de provoquer l'agglutination.

Quant au suc des parties saines de rameaux porteurs de tumeurs, dans un cas il n'a pas agglutiné, dans trois cas il a donné une agglutination de même type que le suc de tumeur.

Quelle que soit son intensité, l'agglutination observée dans ces expériences est incomplète : les flocons, formés de bactéries agglomérées, et non dissociables par agitation, sont en suspension dans un liquide louche, renfermant des germes répartis uniformément. Les suspensions témoins, sans suc végétal, ne s'agglutinent jamais. La propriété agglutinante ne paraît pas due au tannin qui existe dans les sucs étudiés, car des solutions de tannin, de concentrations échelonnées entre 1/500e et 1/20 000e, s'en sont montrées dépourvues. Elle disparaît, d'ailleurs, après chauffage d'un quart d'heure à 100e, alors qu'elle résiste une demi-heure à 80°.

Les sucs de tumeurs ou de parties saines de *Pelargonium* et de *Chrys. frutescens* n'agglutinent pas des bactéries phytopathogènes autres que le *B. tumefaciens* (*Bact. malvacearum*, *flaccumfaciens*, *mori*, *Bacillus carotovorus*). Le suc de tumeurs de Betteraves n'agglutine pas le *Bact. tumefaciens*, fait à rapprocher des résultats négatifs obtenus par M. Riker avec les tumeurs de Tomate.

Pouvoir précipitant. — On prépare des extraits bactériens en dissolvant dans 20$^{cm^3}$ d'eau physiologique 1^{cg} de poudre obtenue par broyage des bactéries avec du sulfate de soude anhydre. On filtre sur terre d'infusoires, puis sur bougie, et l'on répartit à raison de 0$^{cm^3}$,5 d'extrait par tube. On verse sur l'extrait (en ayant soin que les liquides limpides restent superposés, sans se mélanger), 0$^{cm^3}$,5 de suc végétal dilué au 1/20e, au 1/50e, au 1/100e, au 1/200e. Dans ces conditions, le suc de tumeur de *Chr. frutescens* donne immédiatement, en présence des extraits des deux souches de *B. tumefaciens*, un précipité visible sous forme d'un disque opalescent à la limite des deux liquides (dans certains cas, on voit se former deux disques superposés). Plus tard, le précipité se rassemble au fond du tube, et le liquide se trouble par agitation. Le pouvoir précipitant s'exerce non seulement sur le *Bact. tumefaciens*, mais aussi sur les *B. malvacearum*, *flaccumfaciens*, *mori* et *carotovorus*. A cet égard, il est donc moins spécifique que le pouvoir agglutinant. Mais, au contraire de ce dernier, il ne se rencontre que chez les plantes malades : le suc des tiges et des feuilles de Chrysanthèmes sans tumeurs ne précipite pas les extraits de *Bact. tumefaciens*, alors que le suc des parties saines d'un rameau portant une tumeur, dans un cas où son action a été éprouvée, s'est montré doué du même pouvoir précipitant que le suc de la galle même.

PHARMACOLOGIE. — *Rapports entre la constitution de quelques amino-éthers-oxydes et leurs actions pharmacodynamiques.* Note [1] de M[lles] **Jeanne Levy**, **Denyse Kohler** et M. **L. Justin-Besançon**, présentée par M. Ch. Achard.

Bien que deux très importantes substances médicamenteuses, l'éther et la thyroxine, possèdent la fonction éther-oxyde, l'étude pharmacodynamique systématique des amino-éthers-oxydes ne fut poursuivie que très récemment [2]. Déjà l'une d'entre nous (*loc. cit.*) a pu établir une distinction entre les amino-éthers-oxydes de la série aromatique et ceux de la série grasse, les premiers provoquant une action adrénolytique, les seconds n'influençant nullement l'action hypertensive de l'adrénaline.

Le présent travail nous a permis, à l'aide de techniques particulières, de préciser plus complètement les relations existant entre la constitution chimique de quelques amino-éthers-oxydes et leurs actions pharmacodynamiques

La technique expérimentale que nous avons utilisée, et qui a déjà été employée par deux d'entre nous [3], consiste à examiner, après administration d'une dose d'environ $0^g,020$ par kilogramme de toute une série d'amino-éthers-oxydes, le comportement de l'appareil oculo-pupillaire du chien dont on a provoqué, préalablement, la protrusion du globe oculaire et la mydriase par injection intraveineuse de $0^g,005$ de chlorhydrate d'éphédrine par kilogramme.

Les amino-éthers-oxydes que nous avons examinés sont au nombre de 16 et peuvent être divisés en deux groupes principaux :

Premier groupe. — Amino-éthers-oxydes adrénolytiques qui, à l'exemple de l'yohimbine et des dérivés du dioxane, font rétrocéder, d'ailleurs à des degrés divers, l'exophtalmie éphédrinique.

Dans ce groupe se rangent des amino-éthers-oxydes de la série aromatique $Ar - O - CH^2 - CH^2 - N =$.

---

(1) Séance du 7 janvier 1935.

(2) S. Anan, *Jap. med. Sc. Pharm.*, 4, 1930, p. 70; Okazaki, *Jap. med. Soc. Pharm.*, 6, 1932, p. 23 et 133; Nagasaki, *Igakkai Zassi*, 10, 1932, p. 583; Jeanne Lévy et Ditz, *Premier Congrès de Thérapeutique*, 23 novembre 1933, p. 248, et *Archives internat. de Pharm. et de Thérap.*, 47, 1934, p. 138; Bovet et Maderni, *C. R. Soc. de Biol.*, 44, 1933, p. 981.

(3) Marcel Labbé, Maurice Villaret, L. Justin-Besançon, M[lle] D. Kohler, M[me] Schiff-Wertheimer et P. Soulié, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 260.

Notons la phénoxy-1-éthylamine, la bi-(phénoxy-1-éthyl)-amine, le phénoxy-1-amine-2-éthane, le phénoxy-1-diméthylamino-2-éthane, le phénoxy-1-diéthylamino-2-éthane, le phénoxy-1-pipéridyl-2-éthane, le phénoxy-1-éthanolamino-2-éthane, l'*o*-méthoxy-phénoxy-diméthylamino-2-éthane, l'*o*-méthoxyphénoxy-1-éthanolamino-2-éthane.

Deuxième groupe. — Amino-éthers-oxydes non adrénolytiques. Ceux-ci comprennent deux catégories :

1° Amino-éthers-oxydes qui, sans provoquer la rétrocession de l'exophtalmie éphédrinique, déterminent la disparition de la mydriase provoquée par cet alcaloïde et qui permettent de réaliser expérimentalement une exophtalmie du type basedowien.

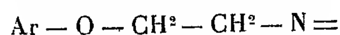
Les substances qui permettent de réaliser ce phénomène sont des amino-éthers-oxydes dans lesquels l'oxygène se trouve placé entre deux chaînes linéaires courtes $R - CH^2 - O - CH^2 - N =$; le radical R étant soit un CH^3, soit un noyau; parmi ces substances, l'éthoxy-1-diméthylamino-2-éthane, l'éthoxy-1-diéthylamino-2-éthane, la benzyloxy-1-diméthylamino-2-éthane, la benzyloxy-1-diéthylamino-2-éthane, la benzyloxy-1-éthanolamino-2-éthane.

2° Amino-éthers-oxydes qui, loin de provoquer la rétrocession de la mydriase et de l'exophtalmie, sensibilisent l'appareil oculo-pupillaire à l'éphédrine sans provoquer de rétrocession de la mydriase ou de l'exophtalmie.

Ces substances sont des amino-éthers-oxydes de la série grasse du type $R - CH^2 - O - CH^2 - CH^2 - N =$: dans lesquels est une chaîne en C^3; ce sont le butoxy-1-diméthylamino-2-éthane et le butoxy-1-diéthylamino-2-éthane.

Conclusions. — Les amino-éthers-oxydes, dont nous avons examiné l'action pharmacodynamique, peuvent être divisés en deux groupes principaux :

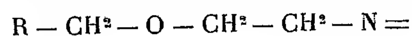
I. Les amino-éthers-oxydes de la série aromatique



$$Ar - O - CH^2 - CH^2 - N =$$

qui, d'une part, sont adrénolytiques et, d'autre part, font rétrocéder l'exophtalmie éphédrinique.

II. Les amino-éthers-oxydes de la série grasse ou mixte



$$R - CH^2 - O - CH^2 - CH^2 - N =$$

qui ne sont pas adrénolytiques : 1° les uns dans lesquels l'oxygène se trouve placé entre deux chaînes linéaires courtes font rétrocéder la mydriase éphédrinique sans toucher à l'exophtalmie, permettant de réaliser expéri-

mentalement une exophtalmie du type basedowien; 2° certains autres dans lesquels R est une chaîne en C^3 sensibilisent au contraire l'appareil oculo-pupillaire à l'action de l'éphédrine.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La morphologie comparée des cellules visuelles et la théorie de la dualité de la vision.* Note de Mlle **Marie-Louise Verrier**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'existence, chez l'Homme et certains Vertébrés, de deux formes bien distinctes de cellules visuelles, les cônes et les bâtonnets, a conduit à attribuer, sans preuve indiscutable cependant, un rôle différent et bien défini à chacune de ces sortes d'éléments. Schultze (1), constatant chez quelques espèces diurnes, Oiseaux et Reptiles principalement, des cellules visuelles comparables aux cônes humains, considère ces éléments comme les organes de la vision en milieu éclairé. Inversement, les bâtonnets lui paraissent être les organes de la vision en milieu obscur, parce qu'il rencontre des éléments rappelant les bâtonnets de l'Homme chez les animaux crépusculaires ou nocturnes.

J'ai déjà eu l'occasion de montrer que les observations de Schultze sont limitées à un très petit nombre de cas et que l'étude comparée de la rétine et du comportement d'un grand nombre d'individus met souvent les conclusions de cet auteur en défaut. J'ai ainsi signalé des bâtonnets typiques chez des animaux vivant en milieux éclairés et des cônes typiques chez des animaux vivant en milieux obscurs (2).

Il apparaît donc déjà que l'étude du comportement ne peut servir d'appui à la théorie de la dualité de la vision. Comme le voudraient Schultze et ses successeurs et tout spécialement G. L. Walls dans les mémoires qu'il vient de publier (3).

Un autre argument en faveur de la théorie de la dualité réside en une distinction précise et rigoureuse entre la forme cône et la forme bâtonnet.

Comme pour les observations de Schultze, quelques faits paraissent en faveur de cette opinion : la rétine de l'Homme, de divers Mammifères (Chien, Chat, Porc entre autres) de plusieurs groupes de Téléostéens

(1) *Archiv. f. Mikrok. Anat.*, 2, 1866, p. 175; 3, 1866, p. 215.

(2) M.-L. Verrier, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1333.

(3) *Brit. Journ. of ophtalm.*, 17, 1933, p. 758; *Amer. Journ. of ophtalm.*, 7, 1934. p. 892.

(Cyprins, Silures, Rascasses, Pleuronectes, tout particulièrement) en sont des exemples. Mais, à côté de ces faits, d'autres, aussi nombreux et aussi caractéristiques ([1]), montrent qu'il est souvent difficile de distinguer les deux sortes d'éléments : les rétines de Vipéridés et de nombreux Oiseaux diurnes ont fait l'objet de discussions. Elles renferment des cônes à myoïdes normalement allongés, qui ont été pris pour des bâtonnets. Une même sorte d'élément peut, suivant les diverses régions d'une rétine, se présenter sous divers aspects : à cet égard, encore, les cônes de Reptiles et des Oiseaux sont très démonstratifs; dans les régions périphériques de la rétine sont des cônes typique à segment externe court et conique, à ellipsoïde globuleux et accompagnés d'une grosse goutte huileuse. Dans les régions fovéales et périfovéales, chaque partie de la cellule s'amincit et s'allonge, tout spécialement le segment externe; la goutte huileuse se réduit à l'extrême et il est souvent impossible de la retrouver au centre même de la fovea. L'ensemble de ces modifications donne à la cellule l'aspect d'un bâtonnet classique de Mammifère ou de Téléostéen. Dans d'autres rétines, fréquentes chez les Reptiles, coexistent des cônes à gouttes huileuses et des cônes dépourvus de ces inclusions, même dans les régions périphériques de la rétine.

Ces diverses constatations conduisent à comparer systématiquement chacune à chacune les diverses parties des cellules visuelles, segment externe, segment interne (ellipsoïde, gouttes huileuses, myoïde) et noyau. Le segment externe a souvent servi de critère pour distinguer les cônes des bâtonnets, il serait court et conique chez les cônes, long et cylindrique chez les bâtonnets. Mais, des différences de forme si nettes sont loin d'être constantes. Entre beaucoup d'autres cas, sur lesquels je reviendrai ailleurs, on peut citer le segment externe long et mince, comme celui d'un bâtonnet typique, des cônes de divers Téléostéens (les Blennies, les Baudroies, en particulier), de nombreux Reptiles (Agames, Lézards, Caméléons) et de toutes les foveæ de tous les Vertébrés où, d'après la définition même de la fovea, il ne doit y avoir que des cônes. Il convient aussi de signaler le segment externe volumineux et cylindrique de certains Oiseaux diurnes, Colombins et Éperviers notamment.

De même, l'importance de l'ellipsoïde est des plus variables. Quant aux gouttes huileuses qui l'accompagnent, elles existent dans des éléments qui,

---

([1]) J'ai comparé à cet égard les cellules visuelles de 150 Vertébrés environ dont la plupart n'avaient fait l'objet d'aucune description. Leur étude détaillée fera le sujet d'un prochain Mémoire.

par ailleurs, se rapprochent aussi bien des cônes que des bâtonnets typiques.

La position du noyau et la forme des terminaisons internes des cellules ne permettent également aucune distinction précise.

Dans l'ensemble, les variations sont si nombreuses et si variées que l'on rencontre tous les intermédiaires entre les cônes et les bâtonnets classiques et aussi des formes qui ne se rattachent à aucun de ces deux types. Les formes intermédiaires que j'ai déjà signalées en montrant leur importance ([1]), et que Walls vient de retrouver, ne me paraissent pas, comme le veut cet auteur, être représentées uniquement chez les animaux crépusculaires. Elles existent aussi chez des espèces franchement diurnes ou nocturnes.

Divers autres points relatifs à la théorie de la dualité de la vision restent à examiner, en particulier, les variations morphologiques des cellules visuelles sous l'influence de l'excitant lumineux; j'y reviendrai ultérieurement, mais, déjà, de nombreux faits me permettent d'affirmer qu'il n'existe, à cet égard, aucune règle. Je reviendrai également sur la richesse en pourpre rétinien des diverses rétines.

En ce qui concerne la morphologie des cellules visuelles, l'étude comparée d'un grand nombre de cas montre qu'il n'existe point deux types tranchés de cellules visuelles, comme le veut la théorie de la dualité de la vision, mais, une diversité de formes. Si certaines d'entre elles concordent avec les formes typiques, bien d'autres en diffèrent. Ces constatations font apparaître, dans la physiologie comparée de la rétine des Vertébrés, des aspects nouveaux que ne laisse pas supposer la théorie de la dualité.

BIOLOGIE. — *Croisement de races géographiques de* Trichoniscus (Spiloniscus) provisorius *Racovitza, donnant une descendance exclusivement mâle* (holarrhénie). Note ([2]) de M. **Albert Vandel**, présentée par M. Caullery.

J'ai entrepris, depuis quelques années, l'étude des races géographiques de *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Racovitza qui peuplent le bassin de l'Ariège. J'ai découvert, près du village de L'Herm (situé à 5^{km} à l'est de Foix), une race dont le comportement sexuel est très particulier.

([1]) M.-L. Verrier, *Bull. Soc. zool. de France*, 59, 1935, p. 367.

([2]) Séance du 7 janvier 1935.

1° Les femelles de l'Herm accouplées à des mâles de la même localité donnent une descendance dont la proportion sexuelle est normale (55 ♂ et 70 ♀).

2° Les femelles de l'Herm accouplées à des mâles provenant de Varilhes (localité située entre Pamiers et Foix) *ne donnent exclusivement que des mâles* (223 ♂, en 32 portées). Je les appelle *mâles exclusifs;* et je propose de désigner ce phénomène sous le nom de *holarrhénie* (de ὅλως totalement, et ἄρρην, mâle). Un seul couple s'est comporté un peu différemment et a donné 46 ♂ et 8 ♀ (en 7 portées). Ces femelles ont reçu le nom de *femelles exceptionnelles.*

Les mâles exclusifs sont anatomiquement tout à fait normaux; aucun n'a présenté de caractères d'intersexués. Cytologiquement, ils ne diffèrent en rien des mâles ordinaires, ainsi que je m'en suis rendu compte en étudiant la spermatogenèse de 25 mâles exclusifs. Enfin, leur comportement sexuel est absolument normal; accouplés à des femelles de diverses provenances, ils ont donné une descendance comprenant les deux sexes : 199 ♂ et 186 ♀, en 42 portées.

L'holarrhénie n'est pas due à une élimination de l'un des sexes au cours du développement; le nombre d'individus renfermés dans une portée est, en effet, normal (en moyenne 7, chiffre calculé sur 39 portées). Le croisement inverse, Varilhes ♀ = L'Herm ♂, qui engendre les deux sexes, donne une moyenne de 6 individus par portée (calculé sur 6 portées). Les deux chiffres sont du même ordre de grandeur. Il est peu probable, comme je le montrerai ailleurs, que l'holarrhénie soit le résultat d'une fécondation sélective. Elle est vraisemblablement due à l'élimination, dans les œufs destinés à donner des femelles, de certains gênes sexuels. Il s'agirait, en somme, d'un processus analogue à celui qui se produit dans les œufs des femelles parthénogénétiques productrices de mâles.

L'holarrhénie est fonction d'une qualité particulière du cytoplasme de la race de l'Herm. Cette qualité est transmise de la mère à la fille. Les femelles exceptionnelles se comportent exactement comme leur mère, bien qu'elles soient hybrides. Accouplées à des mâles de Varilhes, elles donnent des mâles exclusifs (26 mâles, en 4 portées). La race de L'Herm est la seule qui ait présenté jusqu'ici cette propriété.

3° La race de l'Herm est, en dehors de son intérêt intrinsèque, extrêmement précieuse, en ce sens qu'elle permet une *analyse des races géographiques de* T. provisorius, qu'il serait, sans elle, impossible de distinguer. C'est ainsi que le croisement d'individus récoltés aux environs de Toulouse

(non loin du confluent de la Garonne et de l'Ariège) et d'exemplaires provenant de Varilhes, donne des résultats normaux (*Varilhes* ♀ × *Toulouse* ♂ : F_1, 23 ♂ + 14 ♀ ; F_2, 57 ♂ + 55 ♀. — *Toulouse* ♀ × *Varilhes* ♂ : F_1, 23 ♂ + 17 ♀ ; F_2, 53 ♂ + 51 ♀), ce qui semble indiquer qu'ils appartiennent à la même race. En fait, il n'en est rien. Le croisement *L'Herm* ♀ × *Varilhes* ♂ donne des mâles exclusifs, comme nous l'avons dit. Le croisement *L'Herm* ♀ × *Toulouse* ♂ donne les deux sexes (20 ♂ + 12 ♀, en 4 portées). Donc, la race de Toulouse et celle de Varilhes ne sont pas identiques.

4° Le comportement des femelles de L'Herm qui vient d'être décrit constitue le cas général. Mais le comportement de celles issues d'une femelle récoltée à l'Herm et numérotée H. 1.32, s'est montré aberrant :

α. Les femelles issues de H. 1.32 donnent, avec les mâles de Varilhes, des mâles exclusifs (24 ♂, en 4 portées), comme dans le cas général.

β. Les mâles exclusifs accouplés à des femelles de L'Herm (croisement de retour) donnent, à l'ordinaire, les deux sexes (49 ♂ + 48 ♀, en 10 portées). Les mâles exclusifs accouplés à des femelles issues de H. 1.32 ne donnent que des mâles (37 ♂, en 4 portées).

γ. Les femelles issues de H. 1.32, accouplées à des mâles de Toulouse, ne donnent que des mâles (13 ♂, en trois portées).

5° Les résultats précédents s'expliquent aisément, en admettant que les différentes races de *T. provisorius* diffèrent les unes des autres par deux couples factoriels, A et a, B et b, portés par l'hétérochromosone X. Les processus d'élimination, propres au cytoplasme de la race de L'Herm (représenté par un trait sous les formules ci-après), entreraient en jeu lorsque la fécondation serait le fait d'un spermatozoïde renfermant un chromosome X porteur de gènes différant de ceux contenus dans l'ovule. La race de Toulouse répondrait à la formule Ab, celle de Varilhes à ab, celle de L'Herm à $\underline{Ab}$, et la lignée issue de H. 1.32 à $\underline{AB}$. Les trois croisements du paragraphe 4° se traduiraient de la façon suivante :

(α)	♀ $\underline{Ab}$ × ♂ ab → ♂ exclusifs,	♀ $\underline{AB}$ × ♂ ab → ♂ exclusifs,
(β)	♀ $\underline{Ab}$ × ♂ Ab → ♂ + ♀,	♀ $\underline{AB}$ × ♂ Ab → ♂ exclusifs,
(γ)	♀ $\underline{Ab}$ × ♂ Ab → ♂ + ♀,	♀ $\underline{AB}$ × ♂ Ab → ♂ exclusifs.

Des croisements en cours permettront de juger de la valeur de cette interprétation.

SÉROLOGIE. — *Gélification du sérum humain par les acides.* Note (¹) de M. **W. Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

En signalant récemment (²) le phénomène de gélification du sérum par quelques acides organiques, nous avons souligné expressément que ce phénomène ne saurait être confondu avec celui de la coagulation du sérum par les agents physiques ou chimiques variés. En effet, dans la gélification, le sérum conserve sa transparence, non seulement à l'œil nu, mais aussi aux rayons ultraviolets longs (³). Étant donné que les acides et les bases forts coagulent le sérum et les protides en général, et que, d'autre part, l'action de ces réactifs revêt, parfois, une forme gélatineuse (Lieberkuehn, M. H. Fischer, Bruck et autres), nous avons essayé de gélifier le sérum humain par les acides variés.

1. *Expérimentation.* — *Les acides* ont été choisis de façon à pouvoir déterminer, éventuellement, le rôle de leur basicité, des diverses fonctions chimiques et de l'isomérie optique. Le sérum utilisé était constitué par un mélange de divers échantillons du sérum humain, centrifugé et tyndallisé. Les mélanges ont été faits dans des tubes de 1^{cm} de diamètre, stériles; les tubes contenant ces mélanges (4^{cm^3} du sérum et 1^{cm^3} d'une solution acide) ont été bouchés et paraffinés. *Le temps de gélification* était noté au moment où les tubes pouvaient être renversés. *La reproductibilité des chiffres*, pour le même échantillon du sérum, est d'environ 10,0 pour 100; par contre, d'un sérum à l'autre la durée de gélification accuse des variations notables, ce qui ne saurait nous surprendre, étant donné que les divers états pathologiques influencent cette propriété sérique; elle subit, en outre, des modifications au cours de la conservation du sérum (⁴).

Voir, à titre d'exemple, les oscillations enregistrées (Tableau I).

Nous étions donc obligé de multiplier le nombre des séries expérimentales afin de préciser autant que possible les chiffres moyens.

2. *Résultats.* — Le Tableau II contient les chiffres moyens de 5 à 8 séries expérimentales faites pour chaque acide.

(¹) Séance du 26 décembre 1934.

(²) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1271.

(³) W. Kopaczewski, *C. R. Iᵉʳ Congrès internat. Radiobiologie*, Venise, 10 septembre 1934.

(⁴) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 323.

TABLEAU I. — *Gélification du sérum humain par* HCl.

Concentrations finales (en mol.).	Temps de gélification en heures. I.	II.	III.	IV.	V.	Moyennes.
0,1........	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
0,2........	180,0	–	–	240,0	–	210,0
0,4........	50,0	28,0	48,0	33,0	32,0	38,0
0,6........	8,0	6,0	4,5	9,0	4,5	6,4
0,8........	2,5	1,5	1,5	2,0	1,0	1,7
1,0........	1,0	0,8	0,8	0,8	0,4	0,8

TABLEAU II. — *Temps de gélification du sérum humain par les divers acides* (en heures).

Concentrations finales. mol	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
0,08...	–	–	70,0 (2)	–	–	–	–	–
0,12...	–	120,0 (2)	–	–	–	–	–	–
0,16...	–	35,0	20,0	–	–	–	–	–
0,20...	–	11,0	–	–	–	–	–	–
0,24...	–	–	19,0	–	–	–	–	–
0,32...	–	–	17,0	–	–	–	–	–
0,40...	38,0 (2)	0,1 (3)	13,0	–	–	(330,0)	(16,0)	(350,0)
0,6....	6,4	–	10,0	–	–	–	4,0 (2)	–
0,8....	1,7 (3)	–	7,0 (3)	(280,0)	(145,0)	13,5 (2)	(0,5)	38,0 (2)
1,0....	(0,8)	–	(5,5)	–	–	–	(0,2)	–
1,2....	–	–	–	(125,0)	70,0	2,0	–	4,3
1,6....	–	–	–	43,0 (2)	20,0	0,8 (3)	–	1,2
2,0....	–	–	–	13,0	4,8	(0,1)	–	0,4

Nota. — 1, HCl; 2, HNO^3; 3, H^2SO^4; 4, H.COOH; 5, CH^3COOH 6, CH^3CH^2COOH; 7, $CH^3(CH^2)^2COOH$; 8, $CH^3CH.OH.COOH$.

En dehors de ces données, il convient de rapporter les résultats concernant les autres acides phosphorique, oxalique, succinique, malique, tartrique, citrique et les isomères optiques des trois derniers. Dans ce dernier cas, signalons tout de suite qu'aucune différence n'a pu être constatée entre les acides racémiques et leurs isomères optiques droits. Les résultats négatifs ont été enregistrés avec l'acide succinique, mais il est vrai que l'on est limité dans cette expérimentation par sa faible solubilité dans l'eau. A peine une augmentation de la viscosité a été vue, au bout de 6 jours, dans les cas de l'acide phosphorique, tartrique, malique et

(1) Au delà de 10 jours.

(2) En deçà de cette concentration, on n'observe que la formation d'un gel imparfait, ou bien, seulement, une accentuation de la viscosité.

(3) Au delà de cette concentration, on voit la coagulation opaque, plus ou moins forte.

citrique, en concentrations finales monomoléculaires; seul, l'acide oxalique parvient à gélifier le sérum en 64 heures de moyenne. De sorte que, pour différencier ces acides, nous avons eu recours à des sérums d'autres espèces animales plus facilement gélifiables (cheval et bœuf).

3. *Conclusions.* — 1° De nombreux acides peuvent provoquer la gélification du sérum humain.

2° *La dose gélifiante précède immédiatement celle de coagulation opaque*; elle est d'autant plus difficile à fixer que le pouvoir coagulant de l'acide est fort.

3° En se plaçant sur le terrain chimique, on peut conclure que : *a*, le pouvoir gélifiant est surtout accentué chez les acides monobasiques et que la basicité le diminue nettement; *b*, ce pouvoir s'affaiblit par l'introduction d'une fonction alcool; *c*, il se renforce par l'intervention d'un groupement CH^2; *d*, les isomères optiques ont sensiblement le même pouvoir gélifiant (acide lactique racémique et acide droit); *e*, ce pouvoir ne s'explique pas uniquement par la concentration en ions H^+.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Botanique, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *H. Lecomte* :

En première ligne........	M. **Paul Guérin**.
En seconde ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*......	MM. **Auguste Chevalier**, **Henri Colin**, **Alexandre Guilliermond**, **Joseph Magrou**, **René Souèges**.

Les titres de ces candidats sont discutés.
L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h15m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JANVIER 1935.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Notre Académie vient de perdre l'un de ses Associés étrangers, le célèbre chimiste italien **Emanuele Paternò di Sessa**.

Tout jeune encore, en 1872, il est nommé, à la suite d'un concours, professeur de Chimie générale à l'Université de Palerme; vingt ans après, nous le retrouvons titulaire de la chaire de Chimie appliquée à Rome; à la mort de son ancien maître Cannizzaro, dont il avait été l'assistant, il lui succède comme directeur de l'Institut de Chimie; entre temps, il occupe les hautes fonctions de vice-président du Sénat.

Nous ne pouvons oublier ici que Paternò qui devait être appelé à de si brillantes destinées dans son pays, avait débuté dans la carrière scientifique par la découverte de l'aldéhyde dichloré, dont nos *Comptes rendus* ont eu la primeur. Cette découverte fut bientôt suivie de celle de l'aldéhyde crotonique; les notes qui résumaient les premiers résultats obtenus par ce jeune savant avaient été présentées par Wurtz, qui avait ainsi reconnu leur grande valeur.

Peu après Paternò fonde la *Gazette chimique italienne* dont il assume la haute direction et c'est dans cette Revue que seront publiés la plupart des nombreux Mémoires qui ont assuré la renommée de l'illustre savant; ils concernent surtout des questions se rapportant à la Chimie organique et à la Chimie physique.

Dans cette œuvre immense, nous ne pouvons que signaler l'orientation générale, sans insister sur les résultats, lesquels pourtant sont d'un intérêt considérable.

Ainsi, les travaux de Paternò sur l'isomérie des dérivés halogènes de l'éthane ont conduit leur auteur à des considérations générales sur l'isomérie dans l'espace et van't Hoff, par la suite, reconnaîtra en lui un véritable précurseur.

On doit aussi à Paternò d'importantes études sur les composés fluorés, par exemple les synthèses du fluorobenzène et du fluorotoluène.

C'est également ce chimiste qui a obtenu la première synthèse qui ait été réalisée au moyen du charbon, employé comme catalyseur : celle de l'oxychlorure de carbone (1878).

La part qui revient à Paternò dans les progrès de la cryoscopie, science qui repose, comme on le sait, sur les belles recherches de notre compatriote Raoult est considérable; en collaboration avec de nombreux élèves il s'efforce, de 1888 à 1898, de perfectionner les méthodes employées et de les rendre plus pratiques; il étudie une série de solvants et cherche en même temps à interpréter les nombreuses anomalies qu'il rencontre.

On sait l'importance prise dans ces dernières années par les propriétés mieux connues des substances colloïdales; là aussi Paternò a été un précurseur.

Le premier. il soutint, en 1889, que les solutions colloïdales sont des émulsions et il reconnut que le caractère colloïdal peut se manifester dans tel solvant et disparaître dans un autre; les faits découverts par Paternò méritent plus que jamais d'attirer l'attention des chimistes, des physiciens et des biologistes.

Rappelons enfin les remarquables mémoires plus récents concernant l'influence de la lumière sur les actions chimiques. Dans cet ordre d'idées il a réalisé des condensations aussi nettes qu'élégantes d'hydrocarbures avec des aldéhydes et des cétones; il a obtenu plusieurs alcaloïdes artificiels, il a réussi à transformer sous l'influence de la lumière l'acide butyrique en butyrate de propyle; c'est peut-être par un mécanisme semblable que s'effectue la production des éthers chez la plante.

Le 6 juin 1923, les élèves, les amis et les collègues du professeur Paternò se réunissaient autour de lui pour fêter son jubilé scientifique; des discours vibrants d'enthousiasme furent prononcés en l'honneur du Maître vénéré. Notre confrère Henri Le Chatelier parla au nom de l'Académie des Sciences, Charles Moureu au nom de la Société Chimique de Paris, et Auguste Béhal comme président de l'Académie de Médecine de Paris.

Celui-ci terminait son allocution par ces paroles que nous croyons devoir reproduire : « Puissiez-vous, disait-il en s'adressant à l'illustre savant,

poursuivre pendant de longues années encore dans notre pays votre pieux pèlerinage et, lorsque le poids des ans sera devenu trop lourd, puissent vos descendants continuer la tradition que vous avez créée, celle de maintenir et de renforcer, s'il se peut, les liens qui unissent les deux sœurs latines la France et l'Italie ».

Les récentes manifestations d'amitié qui se sont produites à Rome ont réalisé pleinement le vœu exprimé par notre distingué confrère. Nous devons nous en féliciter et remercier ceux qui, à l'exemple de Paternò, servent la cause de la paix entre les nations.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions d'une variable possédant un théorème d'addition.* Note de M. **Émile Picard**.

L'intéressante Note de M. Meynieur (¹) me remet en mémoire la démonstration, que j'ai donnée dans un de mes cours à la Sorbonne il y a plus de trente ans, du théorème de Weierstrass relatif aux fonctions analytiques d'une variable possédant un théorème d'addition algébrique, c'est-à-dire aux fonctions analytiques $f(u)$, pour lesquelles on a une relation de la forme

$$g[f(u+v), f(u), f(v)] = 0,$$

g étant un polynome (²). La démonstration ramène immédiatement la question à un problème bien connu. Soit

$$x = f(u+v), \qquad y = f(u), \qquad z = f(v),$$

nous avons

$$g(x, y, z) = 0. \tag{1}$$

Dérivant successivement par rapport à u et v, on obtient

$$\frac{\partial g}{\partial x} f'(u+v) + \frac{\partial g}{\partial y} f'(u) = 0,$$
$$\frac{\partial g}{\partial x} f'(u+v) + \frac{\partial g}{\partial z} f'(v) = 0.$$

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 201.

(²) Je suis revenu sur cette question dans un de mes derniers cours à la Faculté des Sciences, comme on peut le voir à la page 84 de mes *Leçons sur quelques équations fonctionnelles* (1928), faisant partie des *Cahiers scientifiques* publiés sous la direction de M. Gaston Julia.

d'où l'on déduit

$$\frac{\partial g}{\partial y} f'(u) - \frac{\partial g}{\partial x} f'(v) = 0. \qquad (2)$$

L'élimination de x entre (1) et (2) donne une relation algébrique

$$F[f(u), f'(u); f(v), f'(v)] = 0. \qquad (3)$$

Il y a donc une relation algébrique entre $f(u)$ et $f'(u)$; on l'obtiendra en donnant à v une valeur déterminée. On est alors amené au problème traité par Briot et Bouquet dans leur Mémoire classique sur l'intégration des équations différentielles au moyen des fonctions elliptiques (*Journal de l'École Polytechnique*, 21).

L'analyse précédente peut aussi être utilisée pour l'étude des fonctions continues d'une variable réelle ayant une dérivée et possédant un théorème d'addition algébrique.

MÉCANIQUE. — *Sur le retour éternel.* Note de M. **L. Lecornu.**

Au mois d'août 1881, Nietzche, au cours d'une excursion en Engadine, eut une sorte de révélation qu'il consigna aussitôt en ces termes [1].

« Le temps, dont la durée est infinie, doit ramener, de période en période, une disposition identique des choses. Cela est nécessaire; donc il est nécessaire que toutes choses reviennent. Dans tel nombre de jours, imprévisible, immense, mais limité, un homme en tout semblable à moi, moi-même enfin, assis à l'ombre de ce roc, retrouvera ici-même cette même idée. Et cette même idée sera par cet homme retrouvée non pas seulement une fois, mais un nombre de fois infini, car ce mouvement qui ramène les choses est infini ».

C'est ce qu'il appela le *Retour éternel.*

Laissant de côté le point de vue philosophique de la question, je ne vais m'occuper ici que du point de vue mathématique.

Soit d'abord le cas élémentaire d'un point matériel parcourant, dans un sens donné, avec une vitesse finie, une courbe fermée, par exemple une circonférence. Au bout d'un certain temps ce mobile, pourvu d'un seul degré de liberté, repasse par chacune de ses positions; puis, quand le temps croît indéfiniment, il en est de même pour le nombre de ces retours : c'est là, sans doute, ce qui a frappé Nietzche. Remarquons qu'ils disparaîtraient

---

[1] *La vie de Frédéric Nietzsche*, par Daniel Halévy. Paris (sans millésime), Calmann Lévy, éditeur, p. 233.

si le mobile tendait asymptotiquement vers une position d'équilibre, ou bien s'il parcourait une ligne s'étendant à l'infini. Ce qui semble en outre avoir échappé à Nietzche, fort étranger aux choses mathématiques, c'est qu'un point dont la trajectoire n'est pas imposée possède dans l'espace trois degrés de liberté au lieu d'un et que, par suite, si tout est livré au hasard, la probabilité pour qu'il occupe à un instant donné une position déterminée est infiniment petite du troisième ordre par rapport à celle que donnerait une trajectoire connue.

Le monde, d'ailleurs, ne saurait évidemment être comparé à un point matériel. Il comprend l'ensemble des astres, visibles ou invisibles, les bolides, les poussières cosmiques, les photons issus des étoiles, etc. On pourrait être tenté d'envisager seulement le système solaire, sous prétexte qu'il n'est guère influencé par le reste; mais, du moment où l'on s'occupe de l'éternité, il ne faut pas oublier que le Soleil finira peut-être par devenir voisin d'une autre étoile, ou même par la choquer.

Cela dit, imaginons que la totalité de l'univers soit constituée par un nombre incalculable d'atomes assimilés à des points matériels. Le nombre des combinaisons de ces n points pris deux à deux est $n(n-1)/2$. A chacune d'elles correspond une certaine distance. On peut choisir arbitrairement $3(n-2)$ de ces distances, et les autres se trouvent alors fixées. La configuration du système est donc définie par $3(n-2)$ variables indépendantes; autrement dit elle présente ce degré de liberté. Il n'y a pas lieu d'adjoindre les six paramètres précisant la position de ce système dans l'espace, car, à défaut de repères extérieurs, celle-ci est dépourvue de signification. Vu la grandeur du nombre n, la différence entre n et $n-2$ est au surplus négligeable.

Les modifications des $3(n-2)$ variables sont régies par les actions mutuelles des n points. Si ces actions étaient capables de s'opposer à toute déformation, on se trouverait en présence d'un monde entièrement solidifié, c'est-à-dire d'un monde sans histoire. Il existe en réalité des solides plus ou moins élastiques, mobiles les uns par rapport aux autres; il y a aussi des liquides et des gaz. On veut savoir si, dans de telles conditions, la situation est susceptible de se reproduire périodiquement.

Admettons que, pour deux atomes suffisamment éloignés l'un de l'autre, l'action mutuelle s'exerce suivant la loi newtonienne. Avec deux astres assimilés, vu leur distance, à des points matériels, la périodicité existe pourvu que cette distance demeure finie; avec trois astres (problème des trois corps) la périodicité ne se rencontre plus que dans des conditions

très particulières. Dès lors on est fondé à dire que pour un monde formé de n atomes un mouvement périodique, alors même qu'il serait théoriquement possible, n'a aucune probabilité de se réaliser. On sait que les données astronomiques semblent indiquer plutôt une expansion progressive.

Il resterait à tenir compte des phénomènes thermiques, électromagnétiques, radioélectriques, etc. Le principe de Carnot, pour ne parler que de lui, nous avertit que, sauf intervention du démon de Maxwell, les changements du monde matériel se produisent dans des conditions excluant toute périodicité. L'évolution des espèces vivantes présente un caractère analogue.

Sans insister davantage, concluons que le *retour éternel*, dans lequel Nietzchė croyait apercevoir une certitude, est seulement une étrange rêverie. Il y avait là, peut-être, un premier symptôme de la folie qui, huit ans plus tard, devait le terrasser.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur une photographie à longue pose de la Nova Herculis.* Note de M. **Ernest Esclangon.**

La Nova Herculis a été photographiée régulièrement au télescope de 0^m80 ($F = 4^m,80$) d'ouverture de la station astronomique de l'Observatoire de Paris en Haute-Provence. Ces photographies, à longue pose de l'ordre de 1 heure à 1 heure 30 minutes, sont destinées à suivre le développement éventuel d'une nébulosité diffuse s'élargissant progressivement autour de l'étoile, ainsi que cela fut remarqué avec tant de netteté avec la Nova Persei de 1901.

Or le cliché pris le 11 janvier présente une singularité curieuse, dont l'interprétation est difficile, mais qui mérite d'être signalée. Autour de l'étoile, à la distance angulaire de $2'$ environ, et l'entourant à la manière d'un collier légèrement elliptique, apparaissent une vingtaine de condensations lumineuses, *d'aspect stellaire*, dont trois sont d'un éclat comparable aux étoiles relativement brillantes (de 15e grandeur) situées dans le voisinage immédiat. Ces condensations lumineuses sont absentes dans un cliché analogue obtenu le 7 janvier, absentes aussi dans un cliché pris le lendemain 12 janvier. Cette dernière circonstance laisse planer malheureusement quelque incertitude sur la réalité de ces condensations lumineuses, dont les images sur le cliché, d'autre part, tant est grande leur netteté et leur ressemblance avec des images stellaires, sont difficilement expli-

cables par des excès de sensibilité si étroitement localisées de la plaque. Par surcroît, ces images sont légèrement ovalisées, comme le sont celles des étoiles voisines, cependant avec un très léger décalage du grand axe de l'ovalisation.

En faisant toutes réserves sur la réalité de ces condensations, on peut néanmoins, en l'admettant, chercher quelque explication plausible. Il faudrait alors attribuer le phénomène à l'effet d'un rayonnement spécial de la Nova, ayant excité passagèrement un rayonnement secondaire sur des condensations de matière, dont il faudrait situer la distance à un mois-lumière de la Nova. On en conclurait la parallaxe de celle-ci, à savoir, 150 années-lumière environ, ce qui est peu, dix fois trop peu, même si l'on admet, sans exception possible, la loi d'invariance des magnitudes absolues maxima des novœ.

On peut se demander alors quelle serait la magnitude de la Nova vue à la distance où se trouveraient ces condensations de matière supposée. On trouverait la magnitude —15 mais ces considérations s'appliquent seulement aux radiations visibles, tandis que le rayonnement secondaire excité pourrait l'avoir été par des radiations plus intenses; soit de très petite longueur d'onde, soit de nature électronique ou inconnue.

Malgré toute l'incertitude qui s'attache à l'interprétation de ce cliché singulier, nous avons cru utile de le signaler pour provoquer, soit une confirmation, soit une infirmation, par des observations faites à la même date dans des lieux différents.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Éther électromagnétique hétérogène capable de produire un champ de force atomique quantique.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

II. J'ai montré dans une Note précédente (¹) qu'un électron peut décrire des orbites circulaires dont l'énergie totale obéit à la règle (²)

(¹) Les quanta de Planck et le champ de force atomique (*Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1345-1349).

(²) *Erratum* (voir 26 décembre, p. 1693).

Avec les notations prises par mégarde ($h.2\pi:T$ au lieu de $h:T$) la valeur numérique qu'il faut mettre pour h dans les formules est $\frac{6,55}{2\pi}.10^{-27}$ ou $1,043.10^{-27}$ (fin du paragraphe 4), ce qui donne pour rayon du domaine choisi comme exemple (paragraphe 5) $2,48.10^{-8}$ (au lieu de $6,2.10^{-8}$) pour $\lambda_e = 10^{-4}$, ou $T_1 = 1/3.10^{-14}$ e.

Je conserve dans la Note actuelle les mêmes notations que dans la précédente.

de Planck : $E = h.2\pi : T$, à l'intérieur d'un domaine sphérique, de rayon $r_1 = \sqrt{hT_1 : 2\pi m e}$, où la force $-\partial U/\partial r$ suit la loi (V), exprimée à l'aide du rayon r de l'orbite et de la période T, qui sont liés par la relation (III),

$$\text{(III)} \qquad \frac{2\pi m}{hT_1} r^2 = \frac{T}{T_1} \log \frac{T_1}{T},$$

$$\text{(V)} \qquad \sqrt{\frac{m}{h}} \left(\frac{T_1}{2\pi}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{\partial U}{\partial r} = \left(\frac{T_1}{T}\right)^{\frac{3}{2}} \sqrt{\log \frac{T_1}{T}},$$

entre des limites qui peuvent être de deux sortes :

Premier domaine :

$$T = 0, \quad \partial U/\partial r = \infty \quad \text{au centre,}$$

$$T = \frac{T_1}{e}, \quad \frac{\partial U}{\partial r} = \sqrt{\frac{h}{m}} \left(\frac{2\pi e}{T_1}\right)^{\frac{3}{2}} \quad \text{à la périphérie;}$$

ou, Deuxième domaine :

$$T = T_1, \quad \partial U/\partial r = 0 \quad \text{au centre,}$$

$$T = \frac{T_1}{e}, \quad \frac{\partial U}{\partial r} = \sqrt{\frac{h}{m}} \left(\frac{2\pi e}{T_1}\right)^{\frac{3}{2}} \quad \text{à la périphérie.}$$

12. Je veux, dans cette nouvelle Note, développer, comme on eût fait au XIXe siècle, les conséquences de l'hypothèse suivante.

Hypothèse. — *Le noyau central rend hétérogène dans son voisinage l'éther électromagnétique de Maxwell; c'est à cette hétérogénéité qu'est dû le champ de force atomique quantique.*

Rappelons d'abord les équations de Maxwell pour un milieu hétérogène en coordonnées rectilignes : j'appelle E la force électrique sur l'unité de charge positive, M la force magnétique, K le pouvoir inducteur spécifique, et μ la perméabilité, que je suppose indépendants du temps, mais *fonctions des coordonnées*; j'appelle Ω la vitesse de la lumière;

$$\text{(VI)} \qquad \left\{ \begin{aligned} &\mu \frac{\partial M_1}{\partial t} = \frac{\partial E_3}{\partial y} - \frac{\partial E_2}{\partial z}, \\ &K \frac{\partial E_1}{\partial t} = \Omega^2 \left(\frac{\partial M_2}{\partial z} - \frac{\partial M_3}{\partial y} \right), \\ &\frac{\partial}{\partial x}(KE_1) + \frac{\partial}{\partial y}(KE_2) + \frac{\partial}{\partial z}(KE_3) = 0. \end{aligned} \right.$$

L'éther électromagnétique hétérogène est supposé parfaitement neutre; il n'y a ni densités de courant, ni densité de charge électrique.

13. A l'état permanent, statique, la force magnétique est nulle, mais, par suite de la dernière équation (VI), *la force électrique n'est pas nulle, dans la région rendue hétérogène par l'action troublante du noyau central* (¹).

Dans le cas le plus simple, celui d'un noyau isotrope, la force électrique sera purement radiale, et le pouvoir inducteur spécifique K sera fonction de la seule distance au centre r. La dernière équation (VI) s'écrit alors

$$\frac{\partial(KE_r)}{\partial r}+\frac{2}{r}(KE_r)=0,$$

qui donne

$$\text{(VII)}\qquad K=C:(r^2E_r),$$

en appelant C une constante arbitraire, et fait connaître la loi d'hétérogénéité $K(r)$, capable de produire le champ de force électrique radial E_r.

14. Dans un éther hétérogène, la force motrice sur un électron de charge $-\varepsilon$, et de vitesse u, est toujours, par définition expérimentale des champs électrique et magnétique, la force de Lorentz,

$$F_1=-\varepsilon E_1-\varepsilon u_3M_2+\varepsilon u_2M_3,\qquad \ldots$$

qui, dans le cas particulier de la symétrie sphérique se réduit à $-\varepsilon E_r$ radiale.

Je veux que cette force soit précisément égale à la force $-m\partial U/\partial r$, déjà calculée (V) dans la Note précédente. Il faut pour cela que le pouvoir inducteur spécifique (VII) soit donné par l'équation

$$\text{(VIII)}\qquad K=C\frac{1}{r^2}\,\frac{\varepsilon}{m\dfrac{\partial U}{\partial r}}$$

ou, à l'aide de (V),

$$K=\frac{C\varepsilon}{\sqrt{mh}}\left(\frac{T}{2\pi}\right)^{\frac{3}{2}}\frac{1}{r^2\sqrt{\log\dfrac{T_1}{T}}}=C\varepsilon\sqrt{\frac{T}{2\pi}}\left(\frac{m}{h\log\dfrac{T_1}{T}}\right)^{\frac{3}{2}},$$

Il reste à choisir la constante C. Pour cela j'admettrai qu'à la périphérie du domaine atomique, où $T=T_1:e$, le pouvoir inducteur devient égal à 1 comme dans l'éther du vide qui lui fait suite immédiatement. J'obtiens

(¹) Je ne précise pas encore la nature de cette action; je me contente aujourd'hui d'en admettre le résultat.

finalement

$$(\mathrm{IX}) \qquad K = \sqrt{\frac{Te}{T_1}} \left(\frac{1}{\log \frac{T_1}{T}} \right)^{\frac{3}{2}},$$

exprimé à l'aide du paramètre T, lié à r par (III).

Si l'on adoptait une valeur N autre que l'unité, à la périphérie du domaine, il faudrait multiplier par N le second membre.

15. L'expression (IX), valable dans chacun des deux domaines atomiques, donne deux distributions de l'hétérogénéité très différentes, en fonction de r.

Pour la discussion, on utilisera la dérivée

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 2\sqrt{2\pi \frac{m}{h}} \cdot T \frac{\log \frac{T_1}{T}}{\log \frac{T_1}{T} - 1},$$

tirée de (III), qui devient infinie à la périphérie.

Premier domaine : $0 \leqq T \leqq T_1 : e$. — Dans ce premier domaine, K est nul à l'origine, et reste extrêmement petit jusqu'à des distances notables ; toujours inférieur à 1, K n'atteint cette valeur qu'à la périphérie, et sa dérivée $\partial K/\partial r$ y devient infinie positive.

Ainsi, dans tout ce domaine, la vitesse $\Omega : \sqrt{K}$ est *plus grande* que dans le vide lointain, et augmente très rapidement à mesure qu'on se rapproche du centre.

Deuxième domaine : $T_1 \geqq T \geqq T_1 : e$. — K est infini à l'origine ($T = T_1$) et décroît avec une extrême rapidité pour devenir égal à 1, à la périphérie, avec une valeur infinie négative de $\partial K/\partial r$. Dans tout ce domaine, la vitesse $\Omega : \sqrt{K}$ est *moindre* que dans le vide lointain.

16. Pour la propagation des ondes électromagnétiques, ces deux domaines présentent donc des caractères opposés.

Toute onde d'origine lointaine subira facilement la réflexion totale en atteignant la périphérie du *premier* domaine et n'y pénétrera qu'en faible proportion. Au contraire, une onde née à l'intérieur de ce *premier* domaine en sortira facilement, en direction presque radiale.

Toute onde d'origine lointaine pénétrera facilement, en direction presque radiale, dans le *second* domaine. Au contraire, une onde née à l'intérieur de ce *second* domaine subira presque entièrement la réflexion totale en approchant de la périphérie et n'en sortira qu'en faible proportion ou pas du tout.

Les propriétés du *second* domaine paraissent donc aptes à représenter le domaine circumnucléaire d'un atome de Bohr, avec absence complète de rayonnement d'électrons internes décrivant des orbites convenables. Une étude approfondie des ondes produites dans ce second domaine promet des résultats curieux.

IMMUNOLOGIE. — *Sur le déficit alexique déterminé par l'hyperthermie expérimentale.* Note de MM. **Hyacinthe Vincent** et **François Morel.**

Les variations du taux de l'alexine du sérum, en fonction de divers états morbides, peuvent être étudiées utilement chez le cobaye, son sang présentant une teneur relativement fixe en alexine.

Chez des cobayes ayant reçu certains microbes pathogènes, on peut observer, à la phase ultime des infections expérimentales ainsi produites, un fléchissement notable du taux de l'alexine. Il en est ainsi chez le cobaye inoculé avec un mélange de bacille typhique et de toxine pyocyanique (H. Vincent), de bacille typhique et de streptocoque (id.), avec le bacille pesteux (Hahn). Le taux du complément a été également trouvé abaissé dans la lèpre (Eïsenberg) L'intoxication phosphorée (Ehrlich et Morgenroth) amène le même résultat.

Dans ces divers états, l'alexine titrée peu avant la mort ou aussitôt après celle-ci, ne disparaît pas, cependant, en totalité. Mais elle est fortement réduite.

Des expériences déjà anciennes ont encore établi que les lésions du foie déterminées par l'injection de substances nocives pour les cellules de cet organe, par exemple l'injection intrahépatique de toxine colibacillaire ou l'injection de sérum hépatotoxique, prédisposent à l'infection tétanique. Elles s'accompagnent parallèlement d'une insuffisance du complément (1).

La même influence spéciale sur la teneur du sang en alexine a été démontrée chez les animaux soumis à un surmenage intensif (2). Elle est même plus prononcée encore que dans les conditions précédentes. Le sang prélevé au moment de l'agonie ou aussitôt après la mort, n'hémolyse les globules sensibilisés qu'à des titres compris entre 0,6 et 1 (sérum dilué au dixième). Le surmenage aigu est donc, aussi, un facteur important d'abaissement du pouvoir alexique.

---

(1) H. Vincent. *Académie de Médecine*, **58**, n° **40**, 26 Novembre 1907, p. 390.
(2) H. Vincent. *C. R. Soc. Biol.*, **81**, 1918, p. 379.

On s'explique, sans doute, ainsi l'anergie qu'entraînent les conditions morbides précédentes à l'égard de certaines infections. L'influence des mêmes conditions prédisposantes se vérifie, du reste, communément en pathologie humaine.

L'*hyperthermie* est également capable de restreindre à un degré élevé la résistance du cobaye à l'infection tétanique. Mis à l'étuve à 38°-40° où il est maintenu jusqu'à ce que sa température propre atteigne 42°,5, le cobaye retiré de l'étuve et inoculé à ce moment avec des spores sans toxine, fait un tétanos foudroyant (¹). Les cobayes témoins ayant reçu ces spores, mais non chauffés, demeurent indemnes. Des exemples semblables d'infection tétanique ont, d'ailleurs, été observés chez l'homme accidentellement exposé à l'insolation ou au coup de chaleur (²).

On était donc conduit à rechercher si l'hyperthermie n'aurait pas aussi pour effet une carence semblable en alexine. Les cobayes ont été placés dans la chambre-étuve soit à 38°, soit à 40°-41°. Ils ont succombé lorsque leur température propre a atteint 43°,1 à 43°,4, et dans un délai compris entre 1ʰ et 6ʰ30ᵐ.

L'examen du sang ne montre aucune modification de sa teneur en alexine tant que la température de l'animal n'a pas atteint au voisinage de 43°. Utilisant l'emploi des ondes courtes, P. Haber a échauffé de 2°,5 à 3° les animaux et n'a observé aucune modification du complément (³).

Mais nous avons constaté que si l'on sacrifie les cobayes au moment de leur agonie ou si on titre leur alexine aussitôt après la mort, le pouvoir alexique de leur sérum est fortement abaissé.

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-après.

Ainsi qu'on le voit, le taux d'alexine est devenu de deux à dix fois et même douze fois plus faible qu'à l'état normal.

Cette réduction si notable de cet élément si important du sang se produit à la dernière phase de la vie. On peut l'interpréter soit par un épuisement de la teneur sanguine normale en complément, due à une dépense exagérée de celui-ci, soit par l'influence nocive ou inhibitrice de la température très

---

(¹) H. Vincent, *Bull. de l'Acad. de Médecine*, 51, n° 25, 1904, p. 539.

Lorsque la mort à l'étuve n'est pas précoce, le sang, prélevé aussitôt après, montre une hypoleucocytose considérable, avec cytolyse très marquée des polynucléaires.

(²) H. Vincent, *loc. cit.*

(³) P. Haber, *C. R. de la Soc. de Biol.*, 115, 1934, p. 1501.

élevée sur les organes ou les cellules qui sécrètent cet anticorps normal (¹), soit enfin par l'action associée de ces deux causes.

Date de l'expérience.	Poids du cobaye.	Température de l'étuve.	Durée de la survie.	Température aussitôt après la mort.	Pouvoir hémolytique (alexine à 1/10).
25 février 1922.....	405^g	38°	6^h. 0^m	43°,6	0,6
3 mars »	450	»	6.30	43,5	0,6
7 avril »	385	»	5.30	43,2	0,8
Janvier-mai 1933...	355	40-41°	3. 5	43,2	0,8
» ...	440	»	1	43,3	0,8
» ...	450	»	1	»	0,8
» ...	320	»	1.20	43,2	0,4
» ...	415	»	1.20	43,3	0,6
» ...	350	»	2	»	1
» ...	365	»	2.45	»	0,6
» ...	340	»	3.15	»	1
» ...	450	»	1.30	43,4	0,8
» ...	450	»	4	43,1	2,4
» ...	450	»	1.45	»	1,8
» ...	450	»	3	»	2,4

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Inverseur optique.* Note (²) de M. Louis Lumière.

Dans l'établissement de certains dispositifs optiques, on est parfois conduit à changer l'orientation d'une image et à faire tourner, d'un certain angle, autour de son axe, le plus souvent 90° ou 180°, un faisceau lumineux. On fait généralement usage, à cet effet, d'un prisme de Wollaston, dans lequel les faces d'entrée et de sortie, perpendiculaires l'une à l'autre, sont à 45° sur la face réfléchissante constituée par l'hypoténuse d'un prisme rectangle, celui-ci étant tronqué parallèlement à cette face à une hauteur qui varie avec l'indice de réfraction du verre employé et qui correspond, pour les verres courants dont on fait usage, au milieu de la hauteur.

Ce dispositif conduit bien au résultat cherché, mais présente, dans le cas

(¹) H. Vincent, *C. R. Soc. Biol.*, 54, 1902, p. 1045.

(²) Séance du 14 janvier 1935.

où il s'agit d'inverser un faisceau de grande section, des dimensions telles qu'il devient difficilement réalisable, car la longueur de la face hypoténuse atteint quatre fois la largeur de la section du faisceau. En outre, l'incidence, sur les faces d'entrée et de sortie, conduit à une perte voisine de 20 pour 100, non compris celle qui résulte de l'épaisseur de verre traversée. Cette incidence a l'inconvénient de créer un astigmatisme important, dans le cas où les éléments du faisceau ne sont pas parallèles.

Ayant eu, dans l'établissement de certain appareil, à provoquer une rotation de 90° pour un faisceau dont le diamètre atteignait 50^{mm}, la cons-

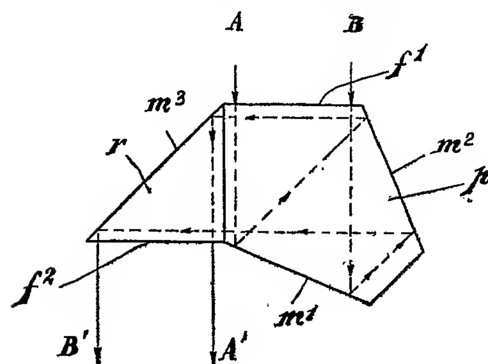


Fig. 1.

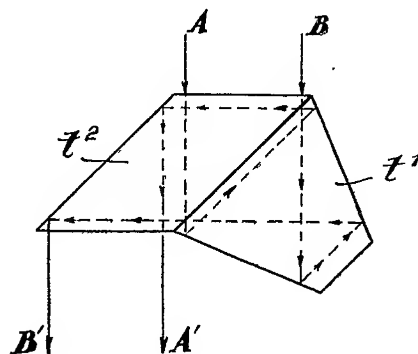


Fig. 2.

truction d'un prisme dont la face hypoténuse devait avoir 20^{cm} de long s'est montrée quasi irréalisable pratiquement et j'ai eu recours au dispositif suivant qui présente l'avantage de réduire considérablement le volume des blocs de verre nécessaires et de diminuer la perte par réflexion sur les faces d'entrée et de sortie qui sont parallèles entre elles et normales à la direction des rayons lumineux, ce qui ramène le fonctionnement au cas d'une lame à faces parallèles et n'apporte dans le cas de faisceaux convergents qu'un peu d'aberration sphérique longitudinale. Ce dispositif est constitué, comme le montre la figure 1, par l'adjonction à un prisme pentagonal (équerre optique), d'un prisme à réflexion totale collé sur la face d'entrée ou de sortie du faisceau. On voit qu'un faisceau entrant en A B, ressort inversé en B' A' et que les faces d'entrée et de sortie, parallèles entre elles, sont normales à la direction du faisceau. Il est possible de diminuer encore le volume des blocs de verre nécessaires en réalisant l'ensemble par collage d'un parallélépipède oblique à 45° à un prisme tétragonal, ainsi que le montre la figure 2.

Dans tous les cas, il y a intérêt à coller les faces communes et je crois

devoir signaler l'avantage que présente, à cet effet, sur le baume de Canada, au point de vue des cristallisations qui se produisent à la longue dans celui-ci, d'un mélange de gomme dammar et d'huile de paraffine, mélange qui possède un indice suffisamment voisin de celui du borosilicate et dont on peut faire varier à volonté la plasticité. Son pouvoir adhésif est très élevé et sa coloration très faible. Le rapport qui m'a paru le meilleur, pour le cas cité plus haut, est le suivant :

Gomme Dammar........................	10g
Huile de paraffine......................	3g

et ce mélange, pour plus de facilité dans l'application, peut être dilué à l'aide de toluène ou de xylène.

Le dispositif peut naturellement être constitué aussi par trois miroirs M1, M2, M3, faisant entre eux les mêmes angles que ceux qui correspondent à l'emploi de prismes.

HYDRAULIQUE. — *Les indéterminations dans le phénomène de l'élargissement brusque; influence des conditions initiales.* Note (1) de MM. **Charles Camichel, Léopold Escande** et **Pierre Dupin.**

Nos études sur les ouvrages courts nous avaient déjà conduits à examiner le phénomène de l'élargissement brusque et les pertes de charge à la Borda, à la jonction de deux tubes cylindriques de même axe, mais de diamètre différent. L'étude de la fonction φ correspondante, tout en apportant une confirmation nouvelle des propriétés générales des ouvrages courts, nous avait montré l'existence d'une discontinuité, due au phénomène de l'éclatement de la veine que nous avons mis en évidence (2).

Dans le travail faisant l'objet de cette Note, nous avons examiné ce qui se passe, dans un système en charge, lorsqu'une veine liquide débouche d'un tube T, de section droite rectangulaire, dans un tube T' également rectangulaire, de même hauteur, mais de largeur plus grande (*fig.* 1), les deux tubes ayant mêmes plans de symétrie. On constate immédiatement que la veine ne peut demeurer dans l'axe du tube T'; cette position d'équilibre provenant de la symétrie du système est essentiellement instable, et la veine s'incurve vers l'une ou vers l'autre des deux parois, où elle prend une position d'équilibre stable : dans un système dont la symétrie est particulièrement soignée,

(1) Séance du 14 janvier 1935.

(2) *Sciences et Industrie*, 15e année, n° 209, juin 1931, p. 110.

il suffit des perturbations accidentelles qui accompagnent la mise en mouvement pour que la veine, après une période d'autant plus faible que la vitesse est plus grande, s'oriente, sans qu'il soit possible de prévoir, avant la manœuvre, quelle sera celle des deux parois vers laquelle ira finalement la veine.

Ayant mis ainsi en évidence ce phénomène d'indétermination, nous avons recherché si des dissymétries systématiques et très faibles, ne permettraient pas de supprimer ces indéterminations et de commander l'orientation, avec des moyens minimes. L'équilibre axial ne pouvant se maintenir, alors que le courant latéral correspond à une solution stable, il était facile de prévoir qu'une cause infime, mais existant comme condition initiale au début du mouvement et pouvant même disparaître ensuite, aurait beaucoup plus d'action qu'un élément relativement beaucoup plus gros, mais intervenant seulement après la fin du régime transitoire, la veine étant déjà stabilisée contre une paroi. L'expérience nous a permis de vérifier tous ces résultats :

1° Pour un tube T de 4×40^{mm} et un tube T′ de 20×40^{mm} et un débit en régime permanent de $0^{l},1$ par seconde, on constate l'existence des indéterminations (*fig.* 1) ;

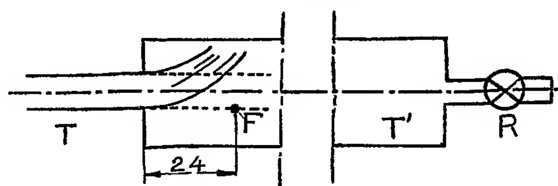


Fig. 1. — Orientation d'une veine liquide dans un système en charge.

il suffit d'un fil de 6/100e de millimètre placé en F avant l'ouverture du robinet R pour orienter toujours la veine du côté opposé au fil. Au contraire, si, le fil étant effacé au début, on attend la fin du régime transitoire et l'orientation de la veine contre une paroi pour essayer l'action du fil, on constate qu'on peut déplacer celui-ci dans la veine, couper celle-ci, laisser le fil séjourner dans les diverses portions de la veine, sans exercer d'influence sur son orientation.

2° Un résultat analogue a été obtenu dans un système de tubes T, T′ de dimensions doubles.

3° En ménageant dans l'épaisseur du fond, une cavité dans laquelle une palette peut tourner à différentes vitesses, nous avons constaté qu'il était possible de modifier l'orientation de la veine.

Nous avons observé les mêmes résultats dans divers systèmes à surface libre atteignant de grandes dimensions. En particulier, dans un canal de 4^{m} de largeur, une veine, issue d'une fente centrale de $1^{m},40$ de largeur, avec un tirant d'eau de $2^{m},80$, et un débit de 3600 lit/sec, est repoussée vers la rive opposée par une tige verticale de $0^{m},025$ de diamètre, placée à 2^{m} à l'aval de la fente, dès le début du mouvement (*fig.* 2). Cette expérience montre que l'utilisation des conditions initiales permet d'orienter la veine avec des moyens très faibles, qui peuvent même disparaître, une fois l'équilibre atteint. Au contraire, si l'on attend que la veine se soit stabilisée contre une paroi, pour essayer de la ramener contre la paroi opposée, la

chose demeure encore possible, mais au prix de dispositifs mettant en jeu une puissance beaucoup plus considérable, puissance empruntée au milieu ou provenant d'une source extérieure d'énergie, par exemple par la rotation à une vitesse élevée de palettes tournant autour d'un axe vertical; en opérant sur le canal de 4^m et sur deux modèles réduits dont le plus petit était à l'échelle 1/20, nous avons trouvé que les vitesses de rotation minima pour lesquelles se produisait le déplacement de la veine, étaient sensible-

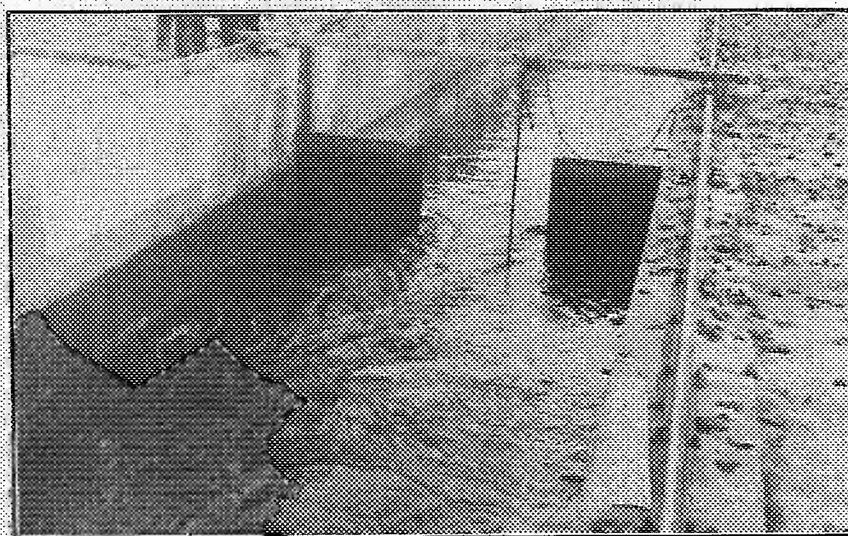


Fig. 2. — Orientation d'une veine liquide de section droite $1^m,40 \times 2^m,64$ et débitant 3600 lit/sec au moyen d'une tige verticale de $2^{cm},5$ de diamètre, dans un canal de 4^m de largeur (Laboratoire de Banlève).

ment entre elles comme la racine carrée du rapport de similitude géométrique, ce qui vérifie la loi de Reech-Froude.

Conclusion. — Les phénomènes d'indétermination se produisent également dans les systèmes en charge et, à grande échelle, dans les ouvrages à surface libre intéressant l'hydraulique fluviale. L'indétermination peut être supprimée par l'emploi de dispositifs *très réduits* si l'on utilise les conditions initiales et le régime transitoire. Une fois la veine orientée, les moyens à mettre en œuvre pour la déplacer sont beaucoup plus considérables. Enfin la similitude s'applique à ces phénomènes, ce qui autorise l'emploi des modèles réduits pour la recherche des dispositifs les plus efficaces dans chaque cas particulier. Dans une Note prochaine, nous exposerons les résultats concernant les indéterminations dans les systèmes affouillables.

M. Jean Perrin fait hommage à l'Académie d'un exemplaire de son livre récent : *Grains de Matière et de Lumière*, chez Hermann.

Il a tenté, dans ce livre très court, de faire l'esquisse et la perspective des progrès de l'Atomistique et de son état actuel.

NOMINATIONS.

M. le Président et M. A. Lacroix, Secrétaire perpétuel, sont désignés pour faire partie du Comité d'honneur du *Congrès international de Photographie scientifique et appliquée*, qui aura lieu à Paris, du 7 au 13 juillet 1935.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Botanique en remplacement de M. *H. Lecomte*, décédé.

Il y a trois tours de scrutin. Le dépouillement donne les résultats suivants :

	1er tour	2e tour	3e tour
Nombre de votants	58	58	57
Suffrages obtenus	—	—	—
par M. Alexandre Guilliermond	23	28	34
M. Paul Guérin	18	21	22
M. Auguste Chevalier	13	8	»
M. Henri Colin	3	»	»
M. Joseph Magrou	1	»	»
Bulletins blancs	»	1	1

M. Alexandre Guilliermond, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

PLIS CACHETÉS.

Les héritiers de M. **Casimir Monthulé** demandent l'ouverture du pli cacheté déposé par celui-ci le 12 mai 1930 et enregistré sous le n° 10294.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, est renvoyé à la Commission administrative.

CORRESPONDANCE.

Mme **L. Nouvel** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil.*

M. **James Basset** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1933.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Plantes alimentaires chez tous les Peuples et à travers les Ages. Histoire, utilisation, culture*, par D. Bois. Volume III. *Plantes à Épices, à Aromates, à Condiments.* (Présenté par M. J. Costantin.)

2° Georges Piraud. *La Notochorde. Embryologie Générale et Expérimentale. Vestiges et Tumeurs.* (Présenté par M. M. Caullery.)

3° Deux ouvrages d'A. Peyron et J. Montpellier : *Tumeurs des annexes* et *Mamelle* (Appendice). (Présenté par M. M. Caullery.)

GÉOMÉTRIE. — *Un mode nouveau de génération des conoïdes droits.* Note de M. **Gérard Cordonnier**, présentée par M. d'Ocagne.

L'objet de la présente Note est d'attirer l'attention sur un mode nouveau de génération des conoïdes droits susceptible d'en permettre une étude plus simple et intuitive. Le principe de la méthode repose sur la considération

de la section Γ du conoïde par un cylindre de révolution C ayant pour axe la directrice rectiligne OZ de ce conoïde.

Considérons aussi l'intersection γ du conoïde et d'un cylindre c passant par OZ et tangent intérieurement au cylindre C. Si c roule intérieurement sur C, il en est de même de toutes ses sections droites dont tous les points décrivent alors des diamètres de C. Dans ce roulement *la courbe γ engendre donc la portion de conoïde intérieure à* C, et vient se superposer à Γ dans le développement de c sur C.

Si l'on transforme homothétiquement toutes les sections droites par rapport à OZ on engendre le même conoïde, les courbes γ et Γ correspondant à la variation du rayon du cylindre C sont respectivement affines entre elles.

Si γ est une courbe plane (cas du *cylindroïde*), la remarque précédente suffit à montrer l'existence de la double infinité d'ellipses à projection circulaire situées sur la surface. Les ellipses de même pente sur l'axe sont superposables par roulement de leur cylindre projetant. Par chaque point M de la surface il passe une infinité d'ellipses γ, dont le grand axe est le diamètre qui s'appuie sur les génératrices OX et OY de cotes maximum et minimum. L'une de ces ellipses est dans le plan tangent en M (axe perpendiculaire à la génératrice OM). Les plans de ces ellipses enveloppent un cône tangent au plan horizontal de M suivant une génératrice symétriquement inclinée avec OM sur les axes.

Chaque parallèle I à l'axe OZ est la génératrice de contact d'un certain cylindre c avec son cylindre C. La droite I est donc commune à tous les plans normaux aux trajectoires des points de l'ellipse γ dans le roulement (les génératrices du conoïde). Une courbe γ est donc bien le lieu des projections d'un point quelconque de l'espace sur les génératrices du cylindroïde.

La développable circonscrite au conoïde le long d'une ellipse γ coupe les plans tangents « horizontaux » le long de OX et OY suivant deux paraboles ayant ces génératrices pour tangentes au sommet et les traces de l'axe de c pour foyers. L'une de ces paraboles s'évanouit et la développable se réduit au cône bien connu lorsque l'axe de c rencontre OX ou OY.

Si γ est l'intersection du cylindre C *avec une surface de révolution* [Ω] *d'axe parallèle*, l'étude d'une section droite montre facilement que si M_1 est sur γ_1 dont l'axe de roulement est I_1, il existe sur la même génératrice un point M_2 de l'intersection du conoïde et de la surface de révolution [Ω] d'axe Ω. Ce point est sur un cylindre c_2 dont l'axe de roulement I_2 est

symétrique de I_1 par rapport à Ω. La surface $[\Omega]$ peut donc être considérée comme liée à la fois aux cylindres c_1 et c_2 par les courbes γ_1 et γ_2. Ces cylindres roulant intérieurement aux cylindres C_1 et C_2 cosrespondants, l'axe Ω engendrera un cylindre elliptique suivant le double mode de génération classique de l'ellipse.

Par une courbe γ quelconque passent deux surfaces de révolution affines de la première, la liaison étant du système γ_1 ou γ_2. Mais si $[\Omega]$ est une *quadrique* par chaque courbe γ passent une infinité d'autres quadriques de révolution, l'une d'elles étant une sphère. Les courbes γ_2 liées ainsi à une même courbe γ_1 sont maintenant sur des cylindres de rayon quelconque; on voit facilement que le produit des rayons des deux cylindres c_1 et c_2 est constant, si leur liaison se fait par l'intermédiaire d'une sphère.

Pour certaines des quadriques précédentes, et leurs axes Ω sont faciles à déterminer, γ_1 et γ_2 déjà affines deviennent superposables; dans la position de roulement correspondante la quadrique $[\Omega]$ devient circonscrite au conoïde tout le long de γ. A chaque courbe γ correspond une telle quadrique noyau, l'une d'elles est une *sphère*.

Le conoïde droit le plus général défini comme ci-dessus par un cylindre C, une génératrice quelconque et une quadrique de révolution d'axe Ω parallèle est donc un *conoïde à noyau sphérique*. Suivant les cas il peut être à une ou deux nappes (axe extérieur ou non à la sphère).

Des remarques précédentes il résulte que le lieu des centres des sphères de rayon donné bitangentes à un conoïde à noyau sphérique est une ellipse. Lorsque le rayon de la sphère bitangente varie, ces ellipses forment un faisceau homofocal ayant pour foyers les centres des sphères « noyaux ».

Si γ est une hélice, Γ est une hélice de pas double, le conoïde devient une surface de vis à filet carré.

Si γ est une cubique gauche, le conoïde se réduit à un paraboloïde hyperbolique équilatère.

On peut généraliser dans une certaine mesure les propriétés précédentes en remplaçant les cylindres C par des hyperboloïdes de révolution dans lesquels roulent toutes les sections circulaires d'hyperboloïdes c admettant comme génératrice l'axe du conoïde.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la recherche des valeurs exceptionnelles d'une suite de fonctions analytiques et sur un nouveau critérium de normalité d'une famille de telles fonctions.* Note [1] de M. **Silvio Minetti**, présentée par M. Gaston Julia.

Je vais donner ici un certain nombre de résultats qui vont découler de certains théorèmes que j'ai tout récemment énoncés [2].

Il s'agit précisément des théorèmes suivants :

I. *Soit* $\mathcal{F}$ *une famille de fonctions* $f(z) = \mathrm{U}(x, y) + i\mathrm{V}(x, y)$ *holomorphes dans le cercle unité* $\mathcal{C}$, *et soient* A *et* B *les bornes supérieures de* $|\mathrm{U}|$ *et* $|\mathrm{V}|$ *pour* $|z| < 1$, A *ou* B *étant fini pour chaque fonction* f *de la famille envisagée.*

Toutes les fois qu'on veut s'assurer si cette famille admet une valeur $\alpha + i\beta$ *comme valeur exceptionnelle* [3] *dans le voisinage, par exemple, de l'origine* O, *il suffira de constater s'il existe ou non un nombre* $m > 0$ *tel que, quelle que soit la fonction* f *de* $\mathcal{F}$, *soit* $|\mathrm{U}(0, 0) - \alpha| > m\mathrm{B}$ *ou bien* $|\mathrm{V}(0, 0) - \beta| > m\mathrm{A}$. *Si en effet ce nombre* m *existe, la valeur* $\alpha + i\beta$ *est bien exceptionnelle.*

Dans le premier cas en outre ce sont exceptionnelles aussi toutes les valeurs $\alpha + i\lambda$ et dans le deuxième toutes les autres $\mu + i\beta$, λ et μ étant réels quelconques.

II. Nouveau criterium de normalité. — *Sous les mêmes hypothèses, et en adoptant les mêmes notations que précédemment, supposons maintenant qu'à chaque point* $\mathrm{P}(x_0, y_0)$ *de* $\mathcal{C}$ *correspondent un nombre réel* $a(x_0, y_0)$, *et un autre nombre* $m(x_0, y_0) > 0$ *tels que, quelle que soit la fonction* f *de* $\mathcal{F}$, *soit satisfaite ou bien l'inégalité*

$$|\mathrm{U}(x_0, y_0) - a(x_0, y_0)| > m(x_0, y_0)\mathrm{B}, \tag{1}$$

ou bien l'autre inégalité

$$|\mathrm{V}(x_0, y_0) - a(x_0, y_0)| > m(x_0, y_0)\mathrm{A}. \tag{2}$$

Dans ces conditions que nous appellerons conditions M [4], *la famille* $\mathcal{F}$ *est normale dans* $\mathcal{C}$.

---

(1) Séance du 7 janvier 1935.

(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1570.

(3) C'est-à-dire que cette valeur n'est pas acquise par toutes les fonctions de la famille.

(4) Je les appelle ainsi, car elles se rapportent aussi aux valeurs maxima A, ou B de $|\mathrm{U}|$ et $|\mathrm{V}|$.

II *bis*. *Si l'on suppose, un peu moins généralement, que la borne supérieure* M_f *de* $|f(z)|$ *dans* $\mathcal{C}$ *est finie pour chaque fonction* f *de* $\mathcal{F}$, *aux inégalités dont il s'agit dans l'énoncé précédent on peut substituer l'inégalité suivante :*

$$(3) \qquad |U(x_0, y_0) - a(x_0, y_0)| + |V(x_0, y_0) - a(x_0, y_0)| > m(x_0, y_0) M_f.$$

On peut aussi généraliser ces énoncés et en tirer plusieurs conséquences.

Remarque. — Dans toutes les inégalités précédentes, les bornes supérieures A, B, M_f au lieu de se rapporter au domaine $\mathcal{C}$, peuvent aussi se rapporter à un cercle complètement intérieur à $\mathcal{C}$ et d'ailleurs quelconque centré au point $P(x_0, y_0)$.

On voit bien qu'il s'agit d'un critérium de normalité tout à fait nouveau et qu'on pourrait appeler : des valeurs exceptionnelles au point de vue local, en remarquant qu'à ce point de vue ces valeurs peuvent être exceptionnelles pour l'une seulement des parties réelle ou imaginaire des fonctions de la famille.

DÉFINITION. — *Une famille* $\mathcal{F}$ *de fonctions qui satisfait à ce critérium* II *ou* II *bis sera dite* famille normale M.

Soit maintenant $f(z) = U(x, y) + iV(x, y)$ une fonction uniforme ayant un point singulier essentiel isolé que nous supposerons à l'origine, $f(x)$ étant holomorphe autour de ce point. Soient, en outre, γ une couronne circulaire ayant pour centre l'origine, et $\omega_0 = \mathcal{O}_0$, $\omega_1 = \mathcal{O}_0 \sigma^{-1}$, ..., $\omega_n = \mathcal{O}_0 \sigma^{-n}$, ... une suite de cercles homothétiques de Julia (on peut prendre par exemple $\sigma = 2$). Cela posé, en s'appuyant pour plus de simplicité à la proposition II *bis*, on peut dire que :

III. *Si* $z_0^{(n)} = x_0^{(n)} + i y_0^{(n)}$ *sont les centres d'une suite de cercles* ω_n *de Julia, si* $M_f^{(n)}$ *est la borne supérieure de* $|f(z)|$ *dans* ω_n, *pour chaque nombre* $m > 0$ *et pour chaque valeur réelle* a, *il existe au moins une suite d'indices* n : n_1, n_2, ..., n_p, ... *telle qu'on a*

$$|U(x_0^{(n_p)}, y_0^{(n_p)}) - a| + |V(x_0^{(n_p)}, y_0^{(n_p)}) - a| < m M_f^{(n_p)}$$
$$(p = 1, 2, 3, \ldots).$$

On peut aussi appliquer le criterium de normalité II ou II *bis* à certains théorèmes établis par M. Montel et qui se rapportent aux suites des fonctions. On obtient ainsi plusieurs propositions; je me bornerai ici à signaler un nouveau critérium de convergence uniforme qui est à la fois très simple et maniable. Le voici :

IV. *Si une suite de fonctions holomorphes pour* $|z| < 1$ *est convergente à l'intérieur de* $\mathcal{C}$ *et satisfait en un point* $P(x_0, y_0)$ *de ce domaine aux conditions* M, *ce point* $P(x_0, y_0)$ *est, pour la suite, point de convergence uniforme.*

HYDRAULIQUE. — *Sur la détermination* a priori *des coefficients de frottement turbulent pour les conduites et les plaques rugueuses.* Note (¹) de M. **Charles Sadron**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons une paroi régulièrement rugueuse (*fig.* 1) dont l'aspérité élémentaire et l'équidistance ont pour valeurs l et λ (l et λ seront des valeurs moyennes dans le cas de la rugosité naturelle). Soit u_e la vitesse au

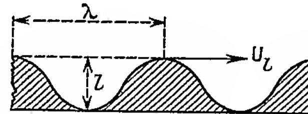


Fig. 1.

voisinage immédiat de la crête de l'aspérité. Nous poserons que le frottement τ_0 par unité de surface est donné par

$$\tau_0 = \frac{1}{2}\rho\Sigma u_e^2, \tag{1}$$

où Σ est un coefficient sans dimension dont la valeur est caractéristique de la rugosité de la paroi et qui dépend uniquement des conditions générales de l'écoulement par le nombre

$$R_e = \frac{u_e \times l}{\nu} = \frac{u_e}{u}\cdot\frac{l}{h}R \tag{2}$$

(R nombre de Reynolds de l'écoulement dans la conduite de rayon h correspondant à la vitesse moyenne U).

On pose d'habitude

$$\tau_0 = \frac{1}{2}\rho C_f U^2, \tag{3}$$

où C_f est le coefficient de frottement fourni par les mesures de perte de charge. On tire, de (1) et de (3), $\Sigma = C_f(U/u_e)^2$. Si donc l'on connaît la relation entre u_e et U on peut calculer Σ et R_e. Si nos hypothèses sont exactes on doit constater que, pour une paroi de nature donnée, toutes les familles de courbes donnant C_f en fonction de R pour diverses valeurs du paramètre l/h se réduisent à une seule courbe $\Sigma(R_e)$.

(¹) Séance du 7 janvier 1935.

Nous avons calculé U/u_l à partir de la loi de Karman de distribution des vitesses en régime turbulent et nous avons trouvé

$$u_l = U + \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}\, B\left(\frac{l}{h}\right),$$

où B a pour expression (en négligeant les termes d'ordre supérieur à l/h) :

$$-\frac{1}{K}\left[\left(1+\frac{l}{h}\right)\operatorname{Log}\frac{2h}{l} - \frac{l}{3h} - 1,833\right]$$

ou

$$-\frac{1}{K}\left[\left(1+\frac{2l}{h}\right)\operatorname{Log}\frac{2h}{l} - 3,466\frac{l}{h} - 2,833\right],$$

(K constante de Karman voisine de 0,40) selon que la conduite a une sec-

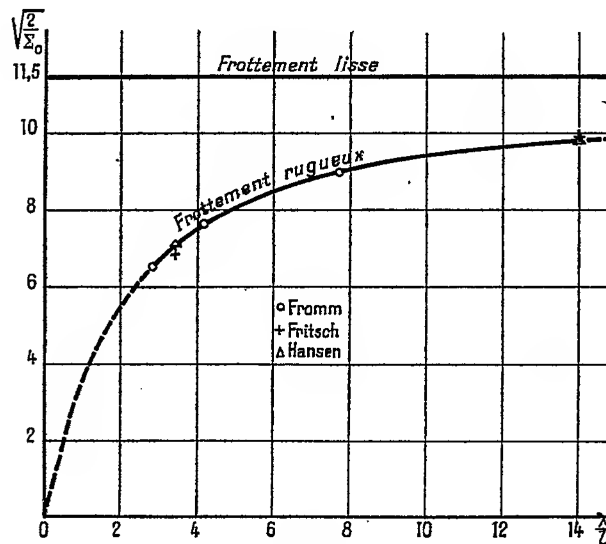


Fig. 2.

tion droite rectangulaire (allongement pratiquement infini) ou circulaire. La vérification a porté sur les nombreuses mesures de Fromm (section circulaire, rugosité régulière), de Fritsch (section rectangulaire, rugosité irrégulière), de Nikuradse (section circulaire, rugosité irrégulière) et a été très satisfaisante. L'expérience montre que Σ prend une valeur Σ_0 pratiquement indépendante de R_l à partir d'une valeur suffisamment grande de ce paramètre.

Dans le cas des plaques rugueuses nous avons établi selon les mêmes

principes que la valeur de Σ_0 était reliée à celle de C_f (coefficient local de frottement à la distance x du bord d'attaque de la plaque où l'épaisseur de la couche limite turbulente est δ) par l'équation

$$\sqrt{\frac{2}{\Sigma_0}} = \sqrt{\frac{2}{C_f}} - 5{,}75 \log_{10}\frac{\delta}{l} - 0{,}282.$$

Si la même surface est utilisée comme paroi d'une conduite ou comme plaque rugueuse on doit, dans les deux cas, trouver la même valeur de Σ_0. C'est ce que nous avons pleinement vérifié ainsi que le montrent les nombres suivants :

$\sqrt{\frac{2}{\Sigma_0}} = 6{,}90$ Fritsch, section rectangulaire, verre grossièrement dépoli;
7,10 Hansen, même surface utilisée comme plaque;

$\sqrt{\frac{2}{\Sigma_0}} = 9{,}90$ Fritsch, section rectangulaire, verre finement dépoli;
9,85 Hansen, même surface utilisée comme plaque.

Nous avons enfin porté sur le graphique I les valeurs de Σ_0 en fonction de λ/l. La connaissance exacte de cette courbe permet, si l'exactitude de de notre analyse se trouve corroborée par de plus nombreuses vérifications, de pouvoir calculer *a priori* le coefficient de frottement d'une conduite ou d'une plaque après simple examen micrométrique de sa surface.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *L'amortissement des oscillations des matériaux réels*. Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Caquot.

Nous avons indiqué [2] que, malgré une très importante réactivité, il était possible de définir un coefficient d'amortissement des oscillations de torsion du caoutchouc, sous cette seule hypothèse, *purement qualitative*, qu'après chaque demi-oscillation, l'azimut de couple nul, à partir duquel il faut compter l'amplitude, se déplaçait, en se rapprochant de la position finale d'équilibre suivant une loi très régulière. Plus précisément, il y a une loi pour les azimuts de rang impair, et une loi différente pour les azimuts de rang pair qui correspondent, eux, à la fin des cycles.

Dans une seconde Note [3], nous avons annoncé qu'un alliage mou

(1) Séance du 7 janvier 1935.
(2) Cf. Villey, Vernotte et Fontenay, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1418.
(3) Cf. Vernotte et Filliatre, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1374.

(fusible pour l'électricité) présentait les mêmes propriétés (il y a lieu de modifier légèrement le coefficient k d'amortissement — 0,817 au lieu de 0,810 —, que nous avions déduit, dans cette Note, des mesures d'amplitude rapportées).

Lorsque les oscillations s'amortissent suivant cette loi, les deux ou trois premières amplitudes décroissent très vite, et celles qui les suivent, beaucoup moins : l'amortissement qu'on calculerait à la manière classique, par le coefficient k, est, en effet, plus petit, au début du phénomène, que l'amortissement apparent; il devient, par la suite, plus grand que lui.

Dans ces expériences, la détermination de k était très précise, parce que k était la seule inconnue, le pendule de torsion étant brusquement lancé à partir du repos et abandonné à lui-même, et observé dès le début, de sorte que la première élongation était connue directement et que le phénomène ne se modifiait pas.

Ces circonstances ne donnent que plus de valeur aux conclusions que nous venons de tirer d'une nouvelle étude des résultats obtenus, à savoir que *la distance de l'azimut de couple nul, à la position finale d'équilibre, est, pour les azimuts de rang impair* (après la 1[re], la 3[e], ..., élongation maxima), *très sensiblement proportionnelle à l'élongation maxima correspondante*, comptée à partir de la position finale d'équilibre, ainsi qu'on peut le voir par les chiffres ci-dessous, déduits d'une mesure sur le caoutchouc :

Amplitudes d'oscillation.......	119	77	51	34	23
Azimuts de couple nul.........	8,6	6,2	4,1	2,5	1,4

Pour les azimuts de rang pair, la loi est moins nette, car les déplacements sont plus petits; en tous cas, le coefficient de proportionnalité aux amplitudes de rang pair, est différent, ce qui est d'ailleurs très compréhensible, la fin d'un cycle ne ressemblant pas au milieu d'un cycle.

Amplitudes d'oscillation............	90	60	41	27,5
Azimuts de couple nul..............	3,4	2,5	1,8	1,0

Cette loi quantitative facilite singulièrement le dépouillement d'expériences d'amortissement, lorsque, le phénomène d'oscillation ayant été altéré en cours de route, ou la première oscillation n'ayant pas été observée, on se trouve devant deux inconnues au lieu d'une (le coefficient k, et en plus un azimut de couple nul), ou que les mesures sont en trop petit nombre ou insuffisamment précises.

C'est ainsi que nous avons examiné les mesures rudimentaires effectuées

par un constructeur, M. Brodeau, sur l'amortissement des vibrations communiquées à une maquette d'aile de principe assez curieux : l'aile est un caisson profilé, sans aucun renforcement intérieur, construit en un matériau formé de *liège aggloméré collé entre deux minces feuilles de bois contreplaqué.*

Nous avons retrouvé sur ce matériau, les mêmes propriétés d'amortissement que celles observées sur le caoutchouc, très avantageuses pour l'amortissement des premières vibrations tendant à s'amorcer, le coefficient k étant d'environ 0,65, et la troisième amplitude étant environ le cinquième de la première.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la détermination des potentiels d'interaction de corpuscules.* Note de M. **L. Goldstein**, présentée par M. L. de Broglie.

On sait que l'étude expérimentale de la *collision* de deux corpuscules permet, en principe, de déterminer la forme du potentiel d'interaction de ces corpuscules ou, tout au moins, de décider si le potentiel, supposé fonction de la distance, est d'une forme hypothétique considérée d'avance ou non. Pour cela, on doit comparer les sections de choc efficaces différentielles expérimentales aux sections théoriques associées au potentiel d'interaction hypothétique. Soit $V(r)$ le potentiel en question; on supposera qu'il permet de trouver une solution *exacte* du problème de choc étudié ou, à défaut, que l'on puisse en trouver une solution avec une bonne approximation. La loi de diffusion ou de choc associée à $V(r)$ est donc supposée connue, aussi bien en théorie *classique* qu'en théorie *quantique*. Il est alors intéressant de comparer les conclusions auxquelles on est conduit dans ces deux théories, lorsque la loi de choc théorique se trouve être vérifiée par l'expérience. Ces conclusions se rapportent aux régions de l'espace entourant les corpuscules où règne ou ne règne pas le potentiel d'interaction $V(r)$. Soit d_m la distance d'approche classique minimum des deux corpuscules supposés différents l'un de l'autre, pour plus de simplicité. Cette distance est définie par la relation

$$kV(d_m) \sim \mu v^2,$$

où μ est la *masse réduite* du système, v la vitesse relative à l'infini des deux corpuscules et k une constante dimensionnelle. Si pour la vitesse v, la loi de diffusion se trouve vérifiée, la théorie classique permet d'affirmer que le potentiel $V(r)$ décrit l'interaction des deux corspuscules à *l'extérieur* d'une

sphère, au centre de laquelle se trouve l'un des corpuscules, de rayon r tel que

$$r \geqq d_m = \varphi\left(\frac{\mu v^2}{k}\right). \tag{2}$$

Cette conclusion n'est cependant pas vraie, en général, dans la théorie des quanta. On sait, en effet, que cette théorie contient une *distance* associée au processus de collision en question, que cette distance ne peut être fractionnée, qu'il n'a aucun sens de parler de distances inférieures à elle, c'est la longueur d'onde de de Broglie associée au corpuscule incident, $h/\mu v$. Dans la théorie des quanta c'est cette longueur qui est la distance d'approche minimum des deux corpuscules. Il est clair qu'il ne s'agit pas ici de la mesure de la *position d'un* corpuscule qui tout au moins dans la théorie non relativiste, peut se faire avec une précision arbitraire. La conclusion (2) doit donc être remplacée dans la théorie des quanta par

$$r \geqq \lambda = \frac{h}{\mu v}. \tag{3}$$

Il est particulièrement intéressant d'appliquer les considérations précédentes au cas du potentiel de Coulomb. On sait en effet que ce potentiel admet, en théorie classique, une solution *exacte* du problème de collision (loi de Rutherford); il en est de même en théorie quantique. Soient alors Ze et ze les charges *connues* des deux corpuscules; on trouve, avec (1),

$$d_m \sim Zz\frac{|e|^2}{\mu v^2}, \tag{4}$$

qu'il s'agisse de forces attractives ou répulsives. Introduisons ici h; on a alors au lieu de (4), laissant de côté le symbole pour la valeur obsolue de la charge,

$$d_m \sim Zz\frac{e^2}{hv}\,\frac{h}{\mu v} = Zz\frac{e^2}{hv}\lambda, \tag{5}$$

ce qui montre que la conclusion classique (2) reste valable dans la théorie des quanta aussi lorsque

$$Zz\frac{e^2}{hv} \geqq 1, \tag{6}$$

elle cesse d'être vraie, par contre, lorsque

$$Zz\frac{e^2}{hv} < 1, \tag{7}$$

et auquel cas elle doit être remplacée par la relation quantique (3). Les considérations précédentes conduisent donc, dans le cas du potentiel analysé, à préciser rigoureusement les limites de validité de la théorie classique et de la théorie des quanta quant à la conclusion relative aux régions de l'espace où l'on peut justifier l'existence de ce potentiel d'interaction. Mais il y a plus; on est conduit ici, d'une manière générale, de poser la relation (7) comme criterium de validité de toutes les méthodes fondées sur la théorie des quanta en vue de décrire des phénomènes apériodiques conditionnés par le potentiel de Coulomb. Il y a là, il semble, une justification, non dépourvue d'intérêt, du criterium d'applicabilité de la méthode d'approximation de Born, permettant de traiter le processus de collision étudié, que l'on retrouve *directement* dans l'étude de cette méthode. Il résulte également de ce qui précède que *l'introduction simple de h*, comme en (5), *dans l'expression de la distance d'approche minimum classique des deux corpuscules interactants, suivant une fonction quelconque de la distance, permet*, en principe, *de trouver le criterium de validité*, relation du type (7), *des méthodes quantiques pouvant servir à décrire le processus de collision de ces deux corpuscules*.

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Sur la mesure absolue des champs magnétiques et la détermination de l'ampère en valeur absolue*. Note de MM. **Gaston Dupouy** et **Raymond Jouaust**, présentée par M. Paul Janet.

Plusieurs auteurs, qui ont fait des mesures absolues de champ magnétique par les deux méthodes habituelles : méthode d'induction et méthode électromagnétique [1], ont trouvé que les résultats obtenus présentaient un écart systématique [2], la méthode électromagnétique fournissant des résultats plus faibles de 2 millièmes. Piccard attribuait ce désaccord à la différence entre l'ampère absolu, déduit de sa définition électromagnétique, et l'ampère international. Par contre les mesures effectuées dans les Labora-

(1) Consulter pour plus de détails : A. Cotton et G. Dupouy, *Rapport sur la mesure des champs magnétiques* (*Congrès international d'Électricité*, Paris. III, 1932, p. 207).

(2) P. Sève, *Ann. Phys. Chim.*, 27, 1912, p. 189; A. Piccard et A. Devaux, *Arch. Sc. Phys. et Nat.*, 5e série, 2, 1920, p. 484; C. Foex, *Ann. Phys.*, 9e série, 16. 1921, p. 174.

toires nationaux indiquaient une concordance de quelques dix-millièmes entre l'ampère absolu et l'ampère international.

Nous nous sommes proposé de reprendre la question. Rappelons que la méthode électromagnétique consiste à mesurer l'action d'un champ magnétique sur un conducteur parcouru par un courant. Nous avons utilisé une balance de Cotton dont le Bureau International des Poids et Mesures avait bien voulu déterminer avec précision les constantes géométriques.

L'expression du champ magnétique est donnée dans ce cas par la formule $H = C_1/I$, où I désigne l'intensité du courant qui passe dans la balance et où C_1 est déterminé par des mesures de longueur et de masse.

Dans la méthode d'induction, on introduit dans le champ magnétique une bobine dont la surface a été déterminée par des mesures géométriques. Par arrachement ou retournement, on provoque dans cette bobine une variation de flux qu'on compense par interruption ou renversement de courant dans le primaire d'un étalon d'inductance mutuelle, étalon dont la valeur a été déduite de ses dimensions géométriques.

Un fluxmètre sensible permet d'apprécier la compensation des flux antagonistes. Si I désigne le courant primaire, on a $H = C_2 I$, la détermination de la constante C_2 ne dépendant que de mesures de longueurs. On voit immédiatement que, si l'on a utilisé l'ampère international pour la mesure du courant, le rapport de la valeur du champ mesuré par la méthode d'induction à la valeur mesurée par la balance est égal au carré du rapport de l'ampère absolu à l'ampère international.

Pour nos mesures, nous avons utilisé les étalons du Laboratoire Central d'Électricité qui ont été comparés à maintes reprises avec ceux des Laboratoires nationaux étrangers (National Physical Laboratory, Bureau of Standards, Physikalisch technische Reichsanstalt).

Nous avons employé un petit électro-aimant de Weiss. Deux variétés de pièces polaires ont été utilisées dont voici les caractèristiques :

Pièces polaires cylindriques : diamètre 92^{mm}, entrefer $27^{mm},5$. Champ magnétique 8240 C. G. S. environ.

Pièces polaires tronconiques : diamètre de la grande base 92^{mm}, diamètre de la petite base 50^{mm}, entrefer 8^{mm}. Champ magnétique 20800 C. G. S. environ.

La topographie du champ dans l'entrefer avait fait l'objet d'une étude préalable.

Pour des raisons qui seront exposées dans une autre publication, nous n'avons retenu que les mesures faites avec le champ de 8350 C. G. S.

Vingt-sept mesures groupées en trois séries nous ont conduit pour le rapport du champ mesuré par la méthode d'induction au champ mesuré par la balance, à la valeur

$$R = 1,0002_2.$$

On voit que l'écart systématique signalé par divers expérimentateurs n'existe pas.

Le résultat ci-dessus nous conduit pour le rapport de l'ampère international à l'ampère absolu à la valeur

$$\frac{\text{ampère international (L. C. E).}}{\text{ampère absolu}} = 0,9998_9.$$

Tout récemment Harvey L. Curtis et Roger W. Curtis, qui ont repris au Bureau of Standards une détermination très soignée de l'ampère ont trouvé

$$\frac{\text{ampère international (B. S.)}}{\text{ampère absolu}} = 0,99992_8 \pm 2 \times 10^{-5}.$$

Étant donné la petite différence (¹) qui existe entre l'ampère international du L. C. E. et celui du B. S., nous aurions dû trouver

$$\frac{\text{ampère international (L. C. E.)}}{\text{ampère absolu}} = 0,9997_9.$$

Notre détermination concorde donc au dix-millième près avec celle de H. L. et R. W. Curtis.

Dans ces conditions, il nous semble probable que l'écart systématique signalé tient au fait que les expérimentateurs n'avaient pas toujours assez bien controlé l'unité de courant employée (²).

(¹) D'après les dernières comparaisons faites par l'intermédiaire du Bureau international des Poids et Mesures, le volt international L. C. E. est inférieur de 5×10^{-5} au volt international du B. S. et l'ohm du L. C. E, est supérieur de $7,9 \times 10^{-5}$ à celui du B. S.

(²) Fortrat avait fait une remarque de ce genre au sujet des mesures exécutées par Piccard en 1913. Dans ces mesures effectuées par Fortrat, l'écart entre les résultats des deux méthodes n'était que de 5/10000ᵉ. (*Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, 3, 1915, p. 385).

MAGNÉTISME. — *Observations sur la Communication de M. Jacques Métadier relative à l'action du champ magnétique sur le mouvement brownien.* Note (¹) de MM. **Albert Turpain** et **Raymond de Bony de Lavergne**, présentée par M. Louis de Broglie.

M. Jacques Métadier (²) débute en indiquant les recherches que nous avons poursuivies : 1° de 1924 à 1928, avant de faire *au sujet de ces recherches, aucune publication*; 2° recherches que nous avons continuées durant trois ans encore après en avoir fait connaître les premiers résultats (³). Deux autres Notes furent publiées depuis (⁴).

De ces publications, M. Jacques Métadier ne paraît connaître et n'indique que la Note du 26 décembre 1928, lorsqu'il écrit, au deuxième alinéa : « Nous avons repris cette expérience en essayant l'action de diverses particules et *avec l'idée de faire une étude quantitative* ».

Nous avons présenté ces mêmes expériences à la Société française de Physique (⁵).

De toutes ces expériences, M. Jacques Métadier croit n'avoir, en citant nos noms, qu'à écrire : « Ils avaient obtenu une précipitation des micelles sur une particule d'un métal ferromagnétique introduite dans la solution » (⁶) et qu'à ajouter : « Nous avons repris cette expérience en essayant l'action de diverses particules et avec l'idée de faire une étude quantitative », pour que le lecteur puisse déterminer laquelle de nos expériences, toutes très nettement décrites et précisées en nos publications, M. Jacques Métadier a repris *avec l'idée de faire une étude quantitative*.

Alors que nous indiquons (p. 1281, lignes 24-37) les très complètes et très minutieuses précautions, absolument indispensables, pour :

(¹) Séance du 7 janvier 1935.

(²) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1196-1198.

(³) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1605-1607.

(⁴) *Comptes rendus*, 187, 26 décembre 1928, p. 1280-1282 et 190, 1930, p. 1398-1399.

(⁵) Séance du 20 juin 1930 et répétition publique aux séances annuelles de 1930 et 1933 (*Journal de Physique*, 7ᵉ série, 1, 1930, p. 90 S), et 4, 1933, p. 67 S).

(⁶) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1196, lignes 9 à 7 du bas.

1° obtenir un champ magnétique de 30000 gauss environ (p. 1281, ligne 5);

2° rapprocher, à cet effet, jusqu'à 1^{mm} les pôles concentrant ce champ;

3° obtenir le maintien (point le plus délicat et qui exige de longs mois de tâtonnements avant d'y parvenir à coup sûr) dans un champ d'une telle intensité, d'une particule de fer extrêmement fine, n'ayant pas $0^{mm},01$ en sa plus grande dimension;

M. Jacques Métadier se borne :

1° à indiquer sans précision (de 10000 à 20000 gauss) l'intensité du champ magnétique, valeur d'ailleurs près de moitié moindre de celle que l'obtention du phénomène nécessite;

2° à placer souvent, en ce champ, *deux* particules de fer, ce qui a pour résultat immanquable de coller les deux particules aux pôles concentrant le champ dès que ce champ est établi, deuxième raison pour ne pas retrouver le phénomèue dont, sans plus d'esprit critique, on nie l'existence;

3° M. Jacques Métadier n'indique en rien les moyens qu'il a du mettre en œuvre : *a.* pour obtenir des particules suffisamment fines; *b.* ce résultat obtenu, pour permettre l'observation et la mise au point, avec un ultramicroscope constitué par un cardioïde de Zeiss, dispositif autrement plus volumineux que nos ultramicroscopes qui, eux, n'ont pas un encombrement supérieur à *cinq millimètres* en tous sens, troisième condition indispensable à réaliser pour réussir nos expériences [1].

Nous relevons d'ailleurs, dans la critique que fait M. Jacques Métadier de nos expériences, deux phrases, mises à la suite l'une de l'autre, phrases nettement contradictoires que voici : Première phrase : « Malgré le grand nombre d'observations dans des champs variant de 10000 à 20000 gauss, nous n'avons pu obtenir la précipitation de granules de l'émulsion sur la ou les particules métalliques ainsi introduites dans la solution. »

Deuxième phrase : « Cependant *trois fois sur six*, avec l'émulsion de bleu de prusse, *en présence d'une seule particule* du fer au centre de la solution, nous avons observé une *attraction nette* des micelles sur la particule, sans pouvoir nous expliquer cette discordance (*sic*) [2]. »

Trois fois sur six, cela représente déjà 50 pour 100. La prétendue discordance s'explique bien simplement : alors que, dans « le grand nombre d'observations », les particules métalliques ont fui sur les pôles dès que le champ

---

(1) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1607 (lignes 3-6).

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1197 (4e et 5e paragraphes).

eût été établi quand M. Jacques Métadier a, enfin, observé le phénomène dont il nie l'existence, c'est que la particule du fer était restée au centre du champ.

La Note critique de M. Jacques Métadier termine d'ailleurs sur cette déclaration qui semble montrer que l'auteur a peu de confiance dans ses propres essais :

« Il serait peut-être intéressant de reprendre ces expériences avec un champ magnétique supérieur à 20000 gauss. »

A des critiques sur nos recherches répétées durant plusieurs années et montrées, en leur résultat, à nombre de physiciens compétents, nous ne pouvons que répondre : Nous maintenons, dans toute leur rigueur, tous les faits précis constatés et *contrôlés* que nous avons publiés sur le sujet tant aux *Comptes rendus* que dans diverses revues scientifiques.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une méthode permettant d'étudier séparément la rectification des deux contacts d'un redresseur et d'éliminer rigoureusement la rectification de l'un d'entre eux. Application à la localisation de la rectification β des détecteurs à sulfure de cuivre* [1]. Extrait d'une Note de M. **J. Cayrel**, retirée, sur sa demande, du pli cacheté n° 10840, déposé le 5 février 1934.

Les détecteurs et redresseurs à contact comportent deux contacts métal semi-conducteur M/S et S/M′, M et M′ étant deux métaux et S le semi-conducteur. Pour que le système donne une bonne rectification il faut qu'un seul des deux contacts C_1 et C_2 rectifie, c'est-à-dire que C_1, par exemple, soit un *mauvais contact* et C_2 un *bon contact*. La rectification sera alors produite par C_1.

. . . .

I. *Étude séparée de la rectification des deux contacts* :

. . . .

Conclusion. — *Il résulte des expériences précédentes que la rectification β des détecteurs à sulfures de cuivre est localisée à la pointe et que le contact sulfure-pince détecteur n'y prend aucune part. Les deux rectifications α et β sont dues au contact pointe-sulfure.*

. . . .

(1) Nous appellerons *rectification* β une rectification métal-semi-conducteur et rectification α une rectification semi-conducteur métal.

II. *Élimination de la possibilité d'une rectification par le contact* C_2. *Réalisation d'un redresseur à un seul contact.*

. . . .

La suppression pure et simple du contact C_2 *est donc le meilleur moyen d'éliminer la possibilité d'une rectification de la part de ce contact.*

OPTIQUE. — *Anisotropie des liquides autour des bulles gazeuses.* Note de M. **Paul Gaubert**.

Des cristaux liquides visqueux, mis en contact avec une bulle d'air, entourent cette dernière et l'enveloppe biréfringente ainsi produite se comporte comme une membrane homogène dont l'axe optique unique est dirigé suivant le rayon de la bulle (O. Lehmann) (1). Avec des masses gélatineuses, il se produit aussi autour des bulles une auréole biréfringente rappelant un sphérolite à fibres invisibles, dont l'allongement optique suivant le rayon est négatif (G. Quincke). Ici la biréfringence diminue graduellement à partir du centre. Un fait semblable se retrouve dans les substances solides amorphes et en particulier dans les tectites (A. Lacroix) (2).

Les phénomènes décrits dans cette Note rappellent ceux qui viennent d'être mentionnés, bien qu'ils soient bien différents, puisqu'ils peuvent se produire avec tous les liquides et qu'ils n'affectent que les couches très minces en contact avec les bulles.

Les bulles isolées dans un liquide placé sur le porte-objet, examinées au microscope polarisant, ne montrent aucune trace de biréfringence sur leur pourtour, presque opaque à cause de la différence des indices de réfraction de l'eau et de l'air. Mais si deux bulles se touchent, par suite de réflexions et de réfractions à la surface des deux bulles et sur les verres (porte et couvre-objet), elles agissent l'une sur l'autre pour s'éclairer mutuellement, et leur enveloppe laisse passer à leur contact la lumière transmise, par conséquent une petite zone très étroite de la périphérie de chaque bulle devient claire. L'examen des propriétés optiques de cette zone montre qu'elle est anisotrope, optiquement uniaxe et négative, et que l'axe optique est dirigé suivant le rayon de la bulle. La biréfringence est faible. Avec la

(1) *Die Lehre von den flüssigen Krystallen*, 1918, p. 302, fig. 49.

(2) *Arch. du Mus. d'Hist. nat.*, 6e série, 8, 1932, p. 204 et fig. 32.

lame de quartz teinte sensible, on obtient les teintes bleu ou jaune rougeâtre suivant son orientation.

Ce phénomène est facile à observer avec les liquides dans lesquels peuvent se produire des bulles. Le moyen le plus simple pour les obtenir est d'ajouter à l'eau une substance la faisant mousser. Mais cette substance peut donner, si la solution est très concentrée, des liquides biréfringents, aussi pour montrer que le phénomène en question se produit bien sans leur intervention, on peut employer les procédés suivants :

1° Au moyen d'un tube très fin, faire passer de l'air dans le liquide.

2° Placer sur le porte-objet quelques parcelles d'un cristal, d'un carbonate (calcite, chessylite, cérusite, etc.), et attaquer par un acide convenablement choisi et dilué.

3° Déshydrater dans un liquide inerte des cristaux d'un hydrate, montés dans ce dernier comme une préparation microscopique ordinaire. Si la déshydratation se produit à une température trop élevée, la biréfringence autour des bulles ne se produit pas.

Dans l'eau pure, les bulles gazeuses se fusionnent dès qu'elles sont en contact, aussi l'attaque par un acide d'un carbonate ajouté à la préparation, donnant un sel soluble, qui augmente la viscosité de l'eau, facilite les observations. Ainsi, de petits fragments de carbonate de cuivre (chessylite) traités par HCl, ou de cérusite, attaqués par AzO^3H, donnent des bulles persistant assez longtemps pour être étudiées. Dans les préparations un peu épaisses ($1/10^e$ de millimètre par exemple), les bulles peuvent se mouvoir entre les porte et couvre-objet et montrer qu'à quelques $1/100^e$ de millimètre, elles agissent mutuellement les unes sur les autres pour laisser passer les rayons lumineux transmis, comme si elles étaient en contact. Avec des solutions de chlorure de cuivre ou de nitrate de plomb, la biréfringence des bulles paraît plus élevée qu'avec des corps moins réfringents.

Dans les observations qui précèdent, l'eau, dans laquelle se produisent les bulles, contient des matières en solution, mais le phénomène se produit aussi avec des corps purs comme la glycérine, l'aldéhyde cinnamique.

Les bulles formées sous la lamelle couvre-objet peuvent être déformées si le liquide est visqueux. Le contact peut alors se faire sur quelques dixièmes de millimètre et donner l'apparence, à cause de la biréfringence, d'une fibre. L'allongement optique est positif.

L'anisotropie du liquide autour des bulles gazeuses doit probablement se rattacher au fait que la viscosité de l'eau, d'après les expériences de Plateau, est plus grande à la surface en contact avec l'air qu'à l'intérieur.

Il résulte de ce qui précède qu'autour des bulles, il existe une couche liquide anisotrope optiquement négative, dans laquelle l'axe optique unique est dirigé suivant le rayon de la bulle. Par analogie avec ce qui se produit habituellement avec les corps solides amorphes, on est porté à admettre que l'enveloppe de la bulle subit une pression perpendiculairement à sa surface. C'est probablement cette enveloppe qui provoque plus tard au moment de la solidification l'orientation optique de la zone biréfringente observée dans les corps gélatineux autour des bulles.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le pouvoir séparateur des instruments d'optique visuels et ses relations avec la qualité optique de l'instrument.* Note [1] de M. **Albert Arnulf**, présentée par M. Ch. Fabry.

Dans le cas d'un instrument présentant des défauts, la relation précédemment établie (1) devient

$$S\Omega \leqq A.$$

Cette relation nous permettra de comparer entre elles les qualités de différents instruments. Pour cela, nous introduirons le rapport : $E = A/S\Omega$ du pouvoir séparateur spécifique de l'œil au pouvoir séparateur spécifique visuel de l'instrument, dans des conditions d'observation données (brillance, contraste, diamètre de pupille), que nous désignerons sous le nom d'*efficacité de l'instrument.*

Ce rapport sera sensiblement indépendant de l'œil de l'observateur, à condition qu'il ne s'écarte pas trop d'un œil normal.

L'étude complète des propriétés d'un instrument d'observation comportera la détermination de son efficacité en fonction de la brillance et du contraste.

Dans la majorité des cas, l'étude pourra se limiter à une seule brillance de la mire objet, cette brillance étant assez forte pour que l'œil atteigne ses conditions optima de pouvoir séparateur, ce qui correspond aux conditions les plus sévères d'utilisation de l'instrument.

A titre d'exemple, nous donnerons les courbes d'efficacité en fonction du contraste, obtenues au moyen d'une lunette afocale constituée par un objectif et un système oculaire formé d'un microscope d'excellente qualité. Les aberrations du système étaient variables par changement de l'objectif,

---

(1) Séance du 7 janvier 1935.

le grossissement étant constant, la pupille de sortie était voisine de $0^{mm},5$.

Combinaison I : Excellent objectif de lunette.

Combinaison II : Le même objectif, retourné. Aberration sphérique longitudinale $= 3^{mm}$ environ.

Combinaison III : Une lentille plan convexe simple, boro-silicate crown, de même foyer que l'objectif précédent ($f = 250^{mm}$). $\gamma =$ contraste de la mire objet. E = efficacité.

Brillance des traits clairs, de la mire objet $= 1,5$ b/cm² environ. Mires de Foucault à contrastes variables d'une façon continue.

	γ.	1.	0,6.	0,5.	0,4.	0.28.	0.25.	0.24.	0.17	0.10.	0.07.	0.06.	0,06
E	I....	1	1	1	1	1	1	1	1	0,93	0,85	0,81	0
	II...	1	0,95	0,90	0,82	0,64	0,52	0,32	0	0	0	0	0
	III...	1	0,93	0,88	0,80	0,50	0	0	0	0	0	0	0

Ces résultats appellent quelques remarques.

1° Les systèmes I et III présentent des aberrations beaucoup plus fortes que celles que l'on pourra rencontrer dans les plus mauvais instruments. Malgré cela, leur efficacité est égale à 1 pour $\gamma = 1$ (en réalité, la progression des mires étant discontinue et telle que le pouvoir séparateur variât de $0'',3$ de l'une à la suivante, cette efficacité peut être comprise entre 1 et 0,93). Ce fait a été constaté sur beaucoup d'autres exemples, à la seule condition que l'instrument soit de révolution. Nous en concluons que la méthode très répandue qui consiste à apprécier la qualité d'un instrument en mesurant son pouvoir séparateur au moyen de mires de Foucault de contraste égal à 1, doit être abandonnée, parce qu'elle ne permet pas de différencier deux instruments de révolution d'inégale qualité.

2° La différence entre le système I d'une part, et les systèmes aberrants II et III, d'autre part, devient très nette et s'accentue de plus en plus à mesure que le contraste baisse. On pourra chiffrer cette différence par la différence de contraste entre les deux systèmes correspondant à des efficacités égales (par exemple E = 0,5).

3° On remarquera que le système I présente une baisse d'efficacité très sensible quand le contraste tombe en dessous de 0,15. L'étude de systèmes optiques de très bonne qualité ne pourra révéler des défauts que si elle s'effectue pour de faibles contrastes, inférieurs à 0,2 pour fixer les idées.

Enfin, on désire souvent pouvoir exprimer par un nombre la qualité d'un objectif isolé. Cela est souvent le cas pour des objectifs astronomiques susceptibles d'être employés à des usages très divers. Il sera alors logique de déterminer l'efficacité de cet objectif dans des conditions correspondant

à la valeur la plus faible de la fonction A, et pour des contrastes aussi faibles que possible. Mais il faudra s'assurer alors que les résultats obtenus ne dépendent pas du système oculaire, ou s'ils en dépendent, il faudra en tenir compte.

Nous pensons que la détermination de l'efficacité d'un instrument, dans les conditions que nous venons de définir, permet de chiffrer au laboratoire la qualité que présentera un instrument lorsqu'il sera ensuite utilisé effectivement.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarques sur la théorie de la* radioactivité artificielle. Note [1] de M. **K. Sitte**, présentée par M. Jean Perrin.

Le phénomène de la radioactivité artificielle, découvert par Curie et Joliot [2] et récemment exploré par différents auteurs, doit être traité par les méthodes développées en vue de la transmutation β spontanée des éléments lourds. On y peut appliquer les formules de Beck et l'auteur [3] et de celles de Fermi [4]. La première suppose que la transformation β est étroitement liée au phénomène de la création de paires d'électrons de différente charge décrite dans la théorie de Dirac. Cette production se passant en général au dehors des dimensions nucléaires doit être accompagnée de l'absorption simultanée de l'un des deux électrons, l'autre étant émis. Les formules de Fermi sont obtenues en partant de l'existence d'un neutrino premièrement postulé par Pauli et sont applicables à l'émission des électrons positifs après une certaine modification des dispositions. Bien que les expériences sur l'émission positive ne permettent jusqu'ici ni une décision entre les deux théories, ni une comparaison exacte avec les calculs, il sera utile de déduire certains traits caractéristiques des formules théoriques.

La constante de décroissance dépend surtout des nombres quantiques, de l'impulsion angulaire de l'électron absorbé et émis, qui, d'après l. c., sont responsables de la classification des éléments β-actifs lourds en plusieurs groupes obtenue par Sargent [5]. Ces nombres que nous

---

(1) Séance du 2 juillet 1934.

(2) *Journ. phys. et Rad.*, **494**, 1933, p. 494; **5**, 1934, p. 153.

(3) *Zs. f. Phys.*, **86**, 1933, p. 105.

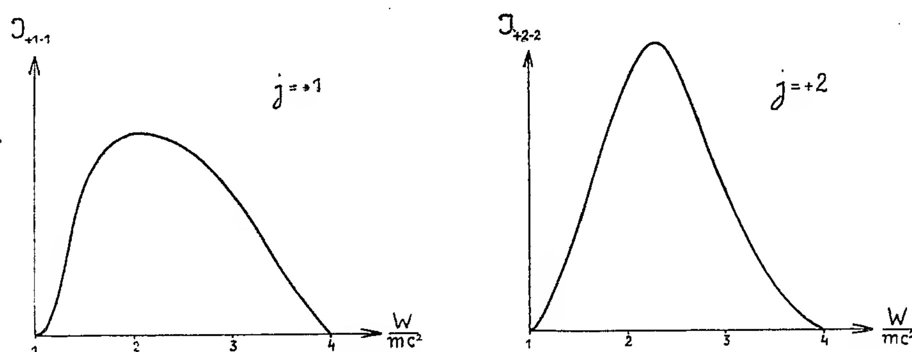
(4) *Zs. f. Phys.*, **88**, 1934, p. 161.

(5) *Proc. Roy. Soc.*, **139**, 1933, p. 659.

regardons comme caractéristiques pour chaque charge nucléaire ne peuvent être déterminés à présent que par une comparaison détaillée entre les données expérimentales et les courbes théoriques. On s'attendra à ce que les nombres quantiques n'atteignent pas des valeurs trop élevées pour les noyaux élevés.

Les nombres quantiques donnés, la constante de décroissance est déterminée par l'énergie de la limite supérieure du spectre continu des rayons β. Un exemple montrera comment la constante de décroissance variera avec l'énergie de la limite.

La dépendance des vies moyennes des radioéléments de la charge



(Les courbes sont calculées pour le cas de $^{27}_{14}$Si).

nucléaire est moins marquée; il n'est pas très probable que la régularité observée par Frisch (¹) dans le cas de Na, Al, P puisse être interprétée d'une façon directe.

Introduisant dans nos formules les constantes arbitraires déduites des données sur les radioéléments lourds et extrapolants cette formule, on trouve pour la décroissance de moitié les valeurs suivantes :

Substance désintégrée.	Radio-élément.	$j = 1$.	$j = 2$.	$j = 3$.
$^{10}_{5}$B	$^{13}_{7}$N	$\tau = 3,1 \; 10^{-2}$ sec.	$\tau = 3,37$ sec.	–
$^{25}_{12}$Mg	$^{28}_{13}$Al	$\tau = 7,15.\, 10^{-3}$ sec.	$\tau = 0,246$ sec.	–
$^{24}_{12}$Mg	$^{27}_{14}$Si	$\tau = 3,59.\, 10^{-2}$ sec.	$\tau = 4,17$ sec.	–
$^{24}_{13}$Al	$^{30}_{15}$P	$\tau = 2,24.\, 10^{-3}$ sec.	$\tau = 2,62.\, 10^{-2}$ sec.	$\tau = 47,3$ sec.

On retrouve dans ces valeurs l'ordre de grandeur actuellement observée, mais il ne faut pas attacher trop d'importance aux valeurs numériques qui

(¹) *Nature*, **133**, 1934, p. 721.

résultent d'une extrapolation assez incertaine. On doit aussi observer que nos calculs supposent l'impulsion angulaire des noyaux non changée pendant la transformation β. Un tel changement pourrait surtout prendre place dans les radioéléments légers; il pourrait être causé aussi par une excitation d'un niveau γ nucléaire.

Les valeurs du tableau indiquent que le nombre quantique de ${}^{30}_{15}P$ est supérieur à ceux de ${}^{13}_{7}N$, ${}^{27}_{14}Si$ et ${}^{28}_{13}Al$. On obtient une concordance suffisante entre les courbes calculées et les spectres de répartition obtenus par Curie et Joliot et Neddermeyer et Anderson [1] si l'on suppose $j = 2$ pour ${}^{13}_{7}N$, ${}^{27}_{14}Si$ et ${}^{24}_{13}Al$.

Par conséquence on attendra $j = 3$ pour ${}^{30}_{15}P$. Par une excitation γ éventuelle les maxima de ces courbes seraient déplacés contre les limites inférieures du spectre.

Supposant les nombres quantiques indiqués plus haut, les valeurs résultant pour les vies moyennes sont un peu inférieures aux valeurs expérimentales. Ce fait pourrait être interprété en disant que la perturbation causée par un noyau léger est un peu plus faible que celle qui est due à un noyau lourd. Une discussion plus exacte ne sera possible qu'après des mesures plus étendues.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La désintégration du béryllium par les rayons γ. Absorption des neutrons émis. Section efficace des rayons γ.* Note de M. **Wolfgang Gentner**, présentée par M. Jean Perrin.

Comme nous l'avons montré [2], l'excitation du béryllium avec émission d'un neutron par les rayons γ passe très probablement par un maximum lorsque l'énergie du photon est voisine de $0,9 \times 10^6$ eV. Dans le spectre de RaB + C la raie $h\nu = 1,130 \times 10^6$ eV est la plus efficace pour l'excitation du béryllium en raison de sa grande intensité et de sa position voisine du maximum de l'efficacité. Mais on doit aussi supposer que la raie la plus intense du spectre de RaB + C, $h\nu = 0,612 \times 10^6$ eV, prend part à cette réaction, quoique avec un coefficient de rendement plus petit. De même la raie du spectre de mésothorium plus ses dérivés, $h\nu = 2,65 \times 10^6$ eV, déjà située de l'autre côté du maximum d'efficacité réagit avec un rendement

(1) *Phys. Rev.*, 35, 1934, p. 498.
(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1211.

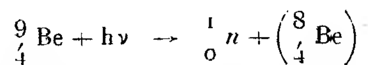
plus faible. C'est en employant des rayons X d'énergie variable que l'on pourra fixer la limite d'excitation.

Dernièrement Bethe et Peierls (¹) ont traité théoriquement le problème de la désintégration du diplon par les rayons γ, mais on ne peut pas appliquer strictement cette théorie à la désintégration du béryllium.

En poursuivant nos expériences sur la désintégration du béryllium par les rayons γ, nous avons étudié l'absorption des neutrons après leur passage à travers un écran de 7^{cm} de plomb. L'intensité relative des neutrons était mesurée, comme précédemment (*loc. cit.*), par la radioactivité artificielle à l'aide d'un tube compteur en argent entouré de 3^{cm} de paraffine. A 15^{cm} du compteur était placée une source de RaB + C ou une source ancienne de mésothorium + dérivés entourée de 100^{g} de béryllium. Entre la source de RaB + C et la poudre de béryllium on pouvait introduire des filtres de plomb d'épaisseur maximum égale à 1^{cm}. En filtrant de cette manière le rayonnement de RaB + C avec des écrans d'épaisseurs croissantes, on supprime les raies de faible énergie tandis que l'énergie moyenne des photons incidents se déplace vers les quanta plus élevés. Entre cette source de rayons γ + béryllium et le tube compteur entouré de paraffine on mettait un écran de 7^{cm} de plomb et on mesurait avec ce dispositif l'absorption des neutrons émis par le béryllium. Le tableau montre les résultats que nous avons obtenus.

Rayonnement.	Fraction des neutrons absorbée par 7^{cm} de plomb.
Ra B + C sans filtre	37 pour 100
Ra B + C filtré par $0^{cm},35$ Pb	29 »
Ra B + C filtré par $0^{cm},75$ Pb	27 »
MsTh + dérivés sans filtre	22 »

Dans la réaction



$$ {}^{9}_{4}\mathrm{Be} + h\nu \rightarrow {}^{1}_{0}n + \left({}^{8}_{4}\mathrm{Be}\right) $$

le neutron émis prend la plus grande partie de l'énergie disponible et en augmentant l'énergie du quantum on augmente aussi l'énergie cinétique du neutron. Ce fait est démontré dans les chiffres du tableau où avec la filtration croissante du rayonnement de RaB + C les valeurs de l'absorption s'approchent de plus en plus de la valeur du rayonnement pénétrant

(¹) *Proc. Roy. Soc.*, 148, 1935, p. 146.

du Mesothorium + dérivés. On peut expliquer peut-être la chute brusque de 37 à 29 pour 100, pour une filtration de $0^{cm},35$ de plomb, par la suppression des neutrons correspondant à la composante, $h\nu = 0,612 \times 10^6$ eV du rayonnement de Ra B + C.

Nous avons tenté d'évaluer la section efficace moyenne des rayons γ du Ra B + C pour cet effet. Comme nous ne pouvions pas mesurer directement le nombre de neutrons émis, nous avons comparé la production de neutrons par les rayons γ avec la production de neutrons par les rayons α de Po + Be. On sait d'après les travaux de Bothe et Becker [1], qu'on obtient environ 34 quanta pour 10^6 particules α. D'autre part les recherches de I. Curie et F. Joliot [2] ont montré que, dans ce cas, l'émission des rayons γ est en relation étroite avec l'émission des neutrons et l'on ne fera pas une grande erreur en admettant aussi un rendement de 34 neutrons pour 10^6 particules α du polonium. Cette comparaison entre le bombardement du béryllium par les rayons γ et les rayons α nous a donné la valeur de 2×10^{-28} cm² pour la section efficace moyenne du rayonnement γ de Ra B + C non filtré. Cette section efficace est de même ordre de grandeur que celle qui a été trouvée dans le cas de la désintégration du diplon par Chadwick et Goldhaber [3]. Ce résultat montre que l'absorption des rayons γ par désintégration du béryllium est de l'ordre de quelques dix-millièmes de l'absorption par effet Compton.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cinétique de la décomposition thermique de la vapeur d'acétaldéhyde en présence de traces d'oxygène.* Note [4] de M. **Morice Letort**, transmise par M. G. Urbain.

Nous avons montré [5] que des traces d'oxygène accéléraient cette réaction et en modifiaient la cinétique. Ce phénomène mérite une étude détaillée, car il semble devoir fournir d'utiles renseignements sur les processus de pyrolyse et d'oxydation de CH^3CHO et des vapeurs organiques en général. Nous étudierons dans cette Note l'influence de la proportion

---

(1) *Zeitschr. f. Physik*, **66**, 1930, p. 289.
(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 397.
(3) *Nature*, **134**, 1934, p. 237.
(4) Séance du 14 janvier 1934.
(5) Letort, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1042.

de O^2 et de la pression de CH^3CHO, pour une même température, et l'influence de la température sur la vitesse initiale de la réaction.

Les expériences sont faites par la méthode statique dans une fiole en quartz dont le rapport surface/volume est voisin de 1. L'étanchéité de l'appareil à l'air et la purification des produits ont fait l'objet d'un soin spécial. Avant chaque expérience l'appareil est évacué, pendant plusieurs heures, dans un vide correspondant à 10^{-5} mm de Hg, de manière que la quantité de gaz des expériences précédentes adsorbée à la paroi de la fiole soit sensiblement la même. Le mélange est fait dans la fiole de réaction en introduisant O^2, puis CH^3CHO.

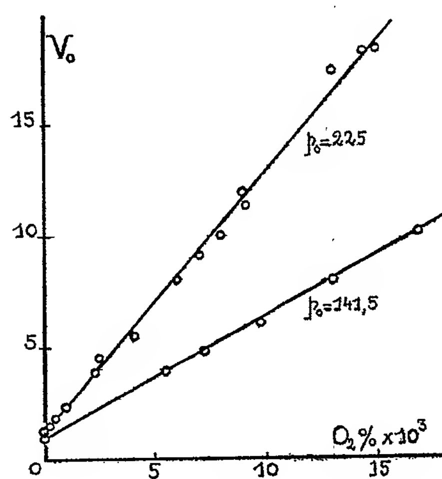


Fig. 1.

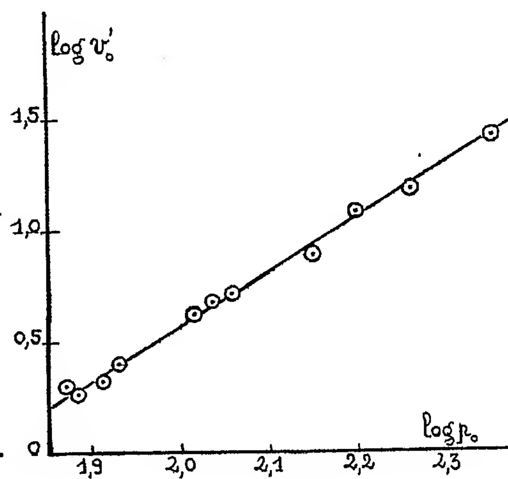


Fig. 2.

La figure 1 représente la variation de la vitesse initiale V_0 de la réaction (exprimée par le taux de décomposition par minute) en fonction du taux de O^2 en volume, à 477°C, pour deux pressions initiales de CH^3CHO : $p_0 = 225^{mm}$ et $p_0 = 141^{mm},5$. Entre les limites étudiées V_0 varie linéairement avec le taux de O^2. La valeur de V_0 extrapolée pour 0 pour 100 de O^2 coïncide exactement avec la valeur mesurée pour CH^3CHO pur. Il semble donc que l'étude de la pyrolyse de CH^3CHO pur [1] n'a pas été faussée par la présence inattendue de O^2. Si l'on admet que V_0 est la somme de deux vitesses, v_0 correspondant à la décomposition simple et v'_0 correspondant à

(1) Letort, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 351 et 1617.

la décomposition additionnelle due à O^2, on peut écrire $V_0 = v_0 + v'_0$ et

$$(a) \qquad v'_0 = K[O^2],$$

le signe [] représentant une concentration.

La figure 2 représente, pour la même température, la variation de v'_0 (exprimée par la diminution de pression de CH^3CHO en millimètres de Hg par minute) pour le mélange, en volume, 99,99 % CH^3CHO + 0,01 % O^2. L'application de la loi générale de la cinétique donne :

$$v'_0 = k'_0[CH^3CHO]^{n_1}[O^2]^{n_2}.$$

Dans le cas présent on a $v'_0 = k''_0[CH^3CHO]^{(n_1+n_2)}$ puisque

$$[O^2] = 10^{-4}[CH^3CHO].$$

La figure 2 donne $n_1 + n_2 = 2{,}48$ soit sensiblement 5/2 et l'équation (*a*) permet d'écrire $n_2 = 1$. Étant donné, comme nous l'avons montré (*loc. cit.*), $v_0 = k_0[CH^3CHO]^{3/2}$, on peut poser, dans les limites des expériences,

$$V_0 = k_0[CH^3CHO]^{3/2} + k'_0[CH^3CHO]^{3/2}[O^2].$$

Pour la température étudiée, les vitesses étant exprimées en millimètres de Hg par minute, on calcule :

$$k_0 = 8{,}18.10^{-4} \qquad \text{et} \qquad k'_0 = 3{,}83.10^{-1}.$$

Le tableau suivant donne, à différentes températures, la valeur de v'_0 pour le même mélange, la concentration de CH^3CHO étant sensiblement constante.

Température T.	Pression en mm. de Hg p_0.	Vitesses exprimées en taux de décomposition par minute. V_0.	v_0.	$v'_0 = (V_0 - v_0)$.
450°C	220,5	14,47	0,44	14,03
477	226,0	12,69	1,19	11,50
512	228,0	18,50	10,0	8,50

Le coefficient thermique de la réaction additionnelle (v'_0) est négatif. La variation de v'_0 en fonction de T semble linéaire. Des expériences sont en cours à des températures où la pyrolyse de CH^3CHO pur est pratiquement nulle et pour lesquelles il faut attendre que des traces de O^2 déclenchent la réaction.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude théorique de la décomposition des corps en températures linéairement croissantes.* Note de M. **Pierre Vallet**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai cherché à interpréter les courbes obtenues dans la décomposition des corps en températures linéairement croissantes ([1]).

Exposé. — Soit, à l'instant t et à la température θ, un corps solide A donnant, par décomposition, différents produits gazeux et un solide B.

A cet instant t, soit x la fraction de A non décomposée, rapport du nombre de molécules de A non décomposées, au nombre initial de ces molécules. Le quotient $-dx/dt$ mesure alors la vitesse de décomposition de A.

Si les produits gazeux sont entraînés, dès leur formation, par un courant de gaz inerte, la décomposition est irréversible.

Je pose que la vitesse de décomposition, à l'instant t, est proportionnelle à x, au moins pour des corps suffisamment divisés, à très grande surface active,

$$(1) \qquad -\frac{dx}{dt} = Kx.$$

Si A est maintenu à température constante, K est invariable, et en désignant par t_0 l'instant initial où $x = 1$, on trouve que x obéit à la loi habituelle :

$$Lx = -K(t - t_0).$$

Si, au contraire, la température du corps est une fonction linéaire du temps, on peut poser $\theta = Mt + N$, M et N étant deux constantes. Si j'admets que K est une fonction exponentielle de la température, je pose $K = K'a^{\alpha\theta}$ K', a et α étant de nouvelles constantes. L'équation (1) devient

$$(2) \qquad -\frac{dx}{x} = \frac{K'}{M} a^{\alpha\theta} \, d\theta.$$

Intégrant entre la température θ_0 où $x = 1$ et la température θ, il vient

$$(3) \qquad L\frac{1}{x} = K''(a^{\alpha\theta} - a^{\alpha\theta_0}),$$

K'' est une nouvelle constante dont la valeur est $K'' = K', M\alpha La$.

Quand le corps est à une température suffisamment élevée $a^{\alpha\theta_0}$ est négligeable devant $a^{\alpha\theta}$. L'équation (3) devient

$$(4) \qquad \log L\frac{1}{x} = \log K'' + \theta \log a^{\alpha}.$$

([1]) M. M. Guichard, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **37**, 1925, p. 62 à 67 et 381 à 389; P. Vallet, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1860.

Vérifications. — Des courbes expérimentales donnant les variations de la masse de A en fonction de la température, on déduit x, représenté, à une température donnée, par le rapport de la perte de masse que le système doit encore subir avant d'être B, à la perte de masse totale de A à B.

J'ai vérifié que la transformée bilogarithmique de la courbe relative à la décomposition de $3SO^4Cd + 8H^2O$ en monohydrate (*loc. cit.*; figure 3, courbe 1, portion AB) est rectiligne, au moins entre $x = 0,92$ et $x = 0,03$. Il en est de même de la transformée de la courbe relative à la décomposition de $S^2O^6Cd + 2H^2O$ en SO^4Cd donnée par M. Schreiber [1] au moins entre $x = 0,90$ et $x = 0,05$.

Remarque. — Le coefficient angulaire des droites obtenues par transformation est égal à $\log a^{\alpha}$: il mesure l'influence de la température sur la vitesse de décomposition.

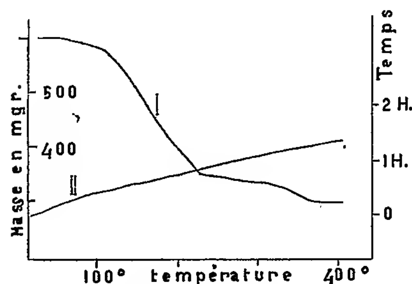


Fig. 1.

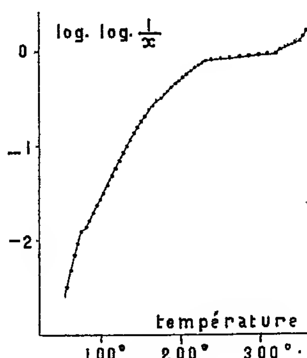


Fig 2.

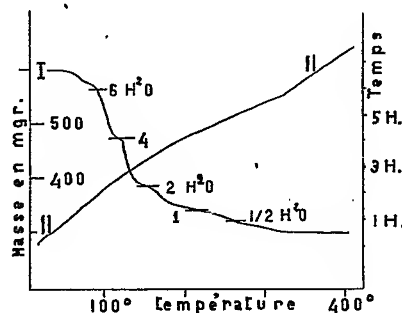


Fig. 3.

Les courbes I des figures 1 et 3 représentent les variations de masse oe $SO^4Mg\ 7H^2O$, les courbes II représentent les variations de la température de l'échantillon en fonction du temps. La figure 2 est la transformée lilogarithmique de la courbe I de la figure 1.

---

(1) *Thèse*, n° 105, série U, Strasbourg, 1933, p. 55, fig. 21).

Recherche des corps intermédiaires. — Dans certains cas, la transformée présente des points anguleux pour des températures où la courbe initiale ne présente aucune singularité apparente. J'ai admis que ces points anguleux correspondaient au passage d'un corps intermédiaire à un autre, non indiqué par la courbe initiale. Ainsi en décomposant le sel $SO^4Mg + 7H^2O$ (légèrement effleuri $SO^4Mg + 6{,}95H^2O$) la transformée (*fig.* 2) d'une courbe établie assez rapidement (*fig.* 1 courbe 1), possède cinq points anguleux. En modifiant les conditions de décomposition j'ai pu obtenir cinq hydrates différents à 6, 4, 2, 1 et 1/2 molécules d'eau (*fig.* 3, courbe 1) prévus par les points anguleux de la courbe précédente.

De nouvelles vérifications et de nouvelles applications seront données dans un autre Recueil.

CHIMIE MINÉRALE. — *Pertitanates et pervanadates.* Note de Mme **Marie-Élisa P. Rumpf**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons décrit [1] un appareil qui repose sur l'emploi d'une cellule photoélectrique et permet l'étude en solution de corps colorés peu stables. La composition des perchromates formés en solution acide et en solution neutre et la constante de leur équilibre de décomposition ont été ainsi déterminées par application de la méthode des variations continues [2]. La même méthode et le même appareil ont été utilisés pour l'étude des pertitanates et des pervanadates.

Pertitanates. — En milieu acide, l'eau oxygénée donne avec les solutions de sel de titane un persel de couleur variant du jaune au rouge brun selon la concentration. Le sel de titane employé est le tétrachlorure en solution chlorhydrique; le dosage du titane a été fait par gravimétrie à l'état de TiO^2. En prenant des solutions équimoléculaires en Ti et en H^2O^2, on a constaté que la *composition maximum* avait lieu toujours pour 50 pour 100. Sans préciser la formule du composé unique formé, on voit qu'il correspond à l'action d'une molécule d'eau oxygénée sur une molécule de tétrachlorure de titane.

L'étude des mélanges non équimoléculaires permet de calculer la cons-

---

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1694-1696.

(2) P. Job. *Ann. de Chim.*, 10e série, 9, 1928, p. 113-203.

tante d'équilibre K du persel formé par application de la formule :

$$K = \frac{\Gamma[(p+1)x-1]^2}{(p-1)(1-2x)} \quad (^1).$$

Les valeurs trouvées sont :

$\Gamma_{H^2O^2}$.	Γ'_{Cl^4Ti}.	p.	x.	K.
0,01012	0,0054	0,53	0,63	$1,07.10^{-4}$
0,0181	0,0054	0,29	0,74	1,09 »
0,0267	0,0054	0,202	0,795	1,12 »
0,0151	0,0325	2,15	0,335	1,23 »

K_{moyen} : $1,12 \times 10^{-4}$.

Pervanadates. — Une solution neutre de métavanadate de sodium est incolore; l'addition d'acide provoque l'apparition d'une teinte jaune. Si à cette nouvelle solution, suffisamment concentrée en acide, on ajoute de l'eau oxygénée, on observe la formation d'un persel rouge. Le vanadium a été dosé volumétriquement par le permanganate de potassium après réduction au moyen du gaz sulfureux. Nous avons étudié d'abord l'équilibre en solution diluée entre le métavanadate de sodium et un acide, puis la formation du persel.

a. L'étude des solutions équimoléculaires en métavanadate de sodium et en ion H^+ indique une « composition maximum » pour 50 pour 100; le composé unique formé résulte de l'action d'une molécule d'eau oxygénée sur une molécule de métavanadate de sodium. On peut calculer la constante d'équilibre K entre le composé jaune et ses constituants en employant la formule précédente (mêmes notations). Les valeurs suivantes ont été obtenues :

Acide employé.	Γ_{VO^3Na}.	$\Gamma'_{H^2O^2}$.	p.	x.	$K_{20°}$.
SO^4H^2............	0,100/6	0,200/6	2	0,30	$4,16.10^{-3}$
SO^4H^2............	0,43/6	0,200/6	0,465	0,62	4,6 »
SO^4H^2............	0,43/6	0,100/6	0,232	0,70	4,56 »
SO^4H^2............	0,43/6	0,300/6	0,697	0,56	4,64 »
ClH..............	0,200/6	0,100/6	0,500	0,595	4,05 »

K_{moyen} : $4,4 \times 10^{-3}$.

(1) Ce sont les notations habituelles : Γ est la concentration de l'eau oxygénée, Γ' la concentration du tétrachlorure de titane, p le rapport Γ'/Γ et x la composition centésimale correspondant au maximum de la courbe obtenue en portant les déviations du spot en fonction du pourcentage en tétrachlorure de titane.

b. En solution diluée en acide (de l'ordre des concentrations précédentes), l'addition d'eau oxygénée à une concentration équivalente, ne provoque pas la formation de persel. Au contraire, si l'on déplace suffisamment l'équilibre dans le sens de la formation du corps jaune en opérant en solution très acide, on obtient le persel rouge par addition d'eau oxygénée. Nous avons trouvé dans ces conditions que la « composition maximum » avait lieu pour 50 pour 100. On voit que le composé unique formé correspond à l'action d'une molécule d'eau oxygénée sur une molécule de métavanadate de sodium. La constante d'équilibre K se calcule comme dans les cas précédents; on a obtenu les résultats suivants (mêmes notations) :

Milieu sulfurique de concentration.	Γ_{VO^3Na}.	$\Gamma_{H^2O^2}$.	*p*.	*x*.	$K_{20°}$.
5/6*n*............	0,0129	0,0237	1,83	0,375	$2,33\times10^{-4}$
5/6*n*............	0,0235	0,0118	0,503	0,64	$2,4\times10^{-4}$
5/6*n*............	0,047	0,0075	0,16	0,82	$2,1\times10^{-4}$
5/6*n*............	0,047	0,0157	0,334	0,72	$2,5\times10^{-4}$
5/8*n*............	0,047	0,0172	0,366	0,705	$2,5\times10^{-4}$

$K_{moyen} = 2,36 \times 10^{-4}$.

MÉTALLURGIE. — *Étude micromécanique des soudures*. Note de MM. **Albert Portevin** et **Pierre Chevenard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La soudure autogène des métaux, opération simple en apparence, est le plus souvent très complexe à cause du nombre des phénomènes mis en jeu : réactions chimiques avec l'atmosphère, les fondants, l'enrobage, réactions physicochimiques accompagnant la solidification, effets de trempe et de recuit. La soudure apparaît à la fois comme une opération de *métallurgie*, de *fonderie* et de *traitements thermiques* s'effectuant à échelle minuscule en un temps très court [1]. La pièce soudée est donc un assemblage hétérogène dont les propriétés mécaniques peuvent varier beaucoup d'un point à un autre, suivant que ce point se trouve dans l'une des trois zones mises en évidence par la macrographie et la micrographie : fusion totale, fusion partielle et chauffage sans fusion.

Les essais mécaniques usuels auxquels on soumet les soudures ne fournissent que la valeur minima de certaines caractéristiques mécaniques de

---

[1] A. Portevin, *Bulletin de la Société des Ingénieurs soudeurs*, 4, 1933, p. 901.

l'ensemble. Ils ne permettent, en aucune façon, d'analyser les modifications du métal produites par l'opération de soudure, modifications qui ne peuvent être prévues en raison de l'extrême complexité de l'état thermique [1] : il faut, de toute nécessité, déterminer les propriétés mécaniques en des points très rapprochés, c'est-à-dire recourir à des microéprouvettes.

La micromachine récemment construite par l'un de nous [2] rend désormais possible l'exploration mécanique des soudures, et l'essai de microcisaillement apparaît comme spécialement approprié à ce but. Des barreaux

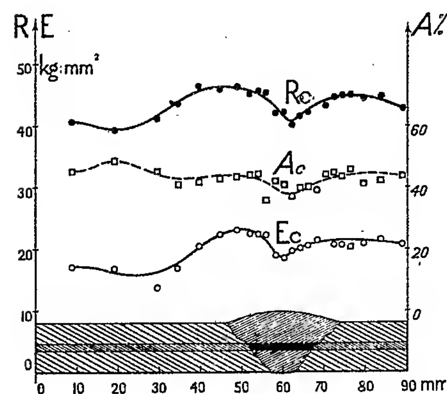


Fig. 1.

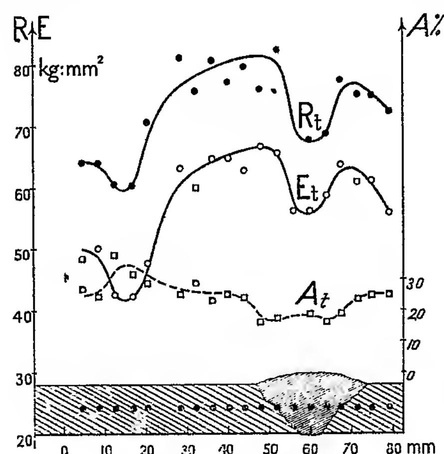


Fig. 2.

de $1^{mm},5$ de diamètre et de quelques centimètres de longueur, sont prélevés normalement à la ligne de soudure, puis cisaillés en tronçons de $1^{mm},5$ de longueur seulement. Pour chaque section, l'appareil enregistre l'effort en fonction de l'enfoncement du couteau : la courbe enregistrée photographiquement fournit la résistance R_c, la limite élastique E_c (correspondant à un allongement permanent de 0,2 pour 100) et l'allongement A_c au cisaillement. Étant donné la petite surface des sections et leur proximité, la micromachine peut être comparée au *microtome des naturalistes*.

On aboutit à préciser en détail la variation des propriétés mécaniques du métal suivant une direction donnée à l'intérieur de la soudure. Puis, aux points remarquables ainsi révélés, on prélève des éprouvettes de microtraction ou microflexion, de manière à compléter la caractérisation mécanique de la pièce soudée.

(1) A. Portevin et D. Séférian, *Comptes rendus*, 199, 1935, p. 34.

(2) P. Chevenard, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 212.

Les deux figures données à titre d'exemple concernent la soudure au chalumeau de deux tôles de 10^{mm} d'épaisseur en acier chrome-molybdène ($C = 0,15$; $Cr = 0,9$; $Mo = 0,2$ pour 100). Les diagrammes de cisaillement (*fig.* 1) et de traction (*fig.* 2) révèlent dans la zone de chauffage une autotrempe avec augmentation des limites élastiques et des résistances à la rupture. Dans la zone fondue, il y a hypertrempe marquée par la baisse des mêmes caractéristiques; il y a aussi diminution des allongements, la structure du métal fondu étant plus grossière que celle du métal forgé. Enfin, à l'extérieur de la zone chauffée, une baisse des résistances mécaniques et un relèvement des allongements traduisent un effet de recuit.

Dans le cas des métaux peu ductiles, fontes, brasures, etc., l'essai de microflexion remplace l'essai de microtraction.

On recueille ainsi des éléments d'information, indispensables pour interpréter correctement et améliorer les résultats des essais globaux et pour déterminer l' « indice d'homogénéité » (1) des soudures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques sels tartromanganiques.* Note de M. G. **Lejeune**, présentée par M. Georges Urbain.

Ayant obtenu (2) un sel tartromanganique en faisant réagir le bioxyde de manganèse fraîchement précipité sur le bitartrate de sodium, j'ai cherché à préparer les sels correspondants avec d'autres bitartrates alcalins.

En dissolvant le bioxyde de manganèse provenant de la décomposition de 2^{g} de permanganate dans une bouillie de bitartrate de lithium, obtenue en mélangeant 10^{g} d'acide tartrique et 1^{g},6 de lithine dissous séparément dans 10$^{cm^3}$ d'eau chacun, il se forme une solution rouge foncé qui se décolore petit à petit en laissant déposer des petits cristaux rouges, très peu solubles dans l'eau, que l'on peut séparer facilement du bitartrate de lithium. A l'analyse ces cristaux donnent

$$Mn\ \% = 22,65; \qquad H^2O\ \% = 13,9.$$

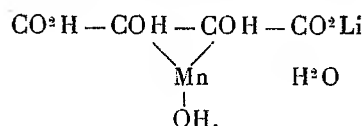
En supposant comme formule possible $C^4O^6H^2MnLi.2H^2O$, on obtient

$$Mn\ \% = 22,0; \qquad H^2O\ \% = 14,0.$$

(1) A. Portevin, *loc. cit.*

(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1651.

Ces cristaux mis en solution en présence d'iodure de potassium, mettent l'iode en liberté, ce qui indique que le manganèse se trouve à l'état trivalent et conduit à représenter le sel obtenu par la formule



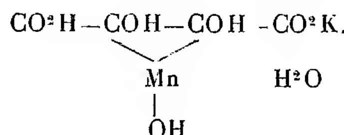
En opérant d'une façon identique, mais en remplaçant le bitartrate de lithium par du bitartrate de potassium, on obtient à partir de la solution rouge qui se forme de petits cristaux brun rouge qui donnent à l'analyse :

$$Mn\ \% = 20,50; \qquad H^2O\ \% = 12,20.$$

En supposant comme formule possible $C^4O^6H^2MnK\ 2H^2O$, on aurait

$$Mn\ \% = 19,92, \qquad H^2O\ \% = 12,60.$$

Le manganèse étant ici encore à l'état manganique, on peut représenter ce sel par la formule



Par contre la même opération, effectuée en présence du bitartrate d'ammoniaque, ne donne aucun résultat. La solution rouge obtenue se décolore peu à peu en laissant déposer du tartrate manganeux.

La formation de complexe avec le manganèse fixé sur les oxhydriles de l'acide tartrique est intéressante en présence d'ammoniaque pour la raison suivante : c'est le seul cas où l'on obtienne un sel manganique stable, sans être en présence d'un excès de tartrate alcalin. En effet, si l'on projette du tartrate manganeux dans une solution concentrée d'ammoniaque, il y a précipitation d'hydrate manganeux qui se redissout ensuite intégralement. La solution ainsi obtenue est facilement oxydable et se colore à l'air en rouge foncé; il n'y a, à aucun moment, hydrolyse du sel manganique ainsi formé.

Si l'on cherche à faire cristalliser cette solution par évaporation, on obtient une masse rouge translucide, qui perd peu à peu son ammoniaque, pour revenir à l'état de tartrate manganeux.

J'ai pu faire cristalliser le sel manganeux et le sel manganique au moyen

de l'artifice suivant : en précipitant la solution ammoniacale par un excès de pyridine, on obtient la formation d'une couche huileuse qui, laissée au repos sans pyridine pendant la nuit, cristallise bientôt.

La solution manganeuse, laissée au repos à l'abri de l'air, laisse déposer des cristaux en aiguilles roses, tandis que la solution manganique laisse un magma de cristaux bruns qui deviennent rosés au séchage.

A l'analyse, le sel manganeux donne les résultats suivants :

Perte à $100^\circ = 16,9\,\%$;

Mn % = 20,35; Mn % (sur produit séché) = 24,7.

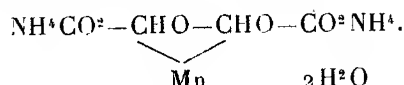
Si l'on suppose avoir le sel $C^2O^6H^2Mn(NH^4)^2\,2H^2O$, on trouve

Mn % = 20,14; $H^2O = 13\,\%$.

Si l'on admet à 100° la perte de $2H^2O$ et de $1\,NH^4$, on trouve

Mn % = 24,8.

On peut donc représenter ce sel par la formule



Le sel manganique donne à l'analyse

Perte à $100^\circ = 22,4\,\%$;

Mn % = 16,03; Mn % (sur produit séché) = 20,8.

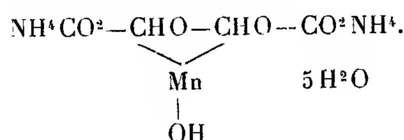
En admettant la formule $C^4O^6H^2Mn(NH^4)^2\,6H^2O$, on trouve

Mn % = 15,98;

pour une perte de $4H^2O$,

H^2O % = 20,75; Mn % (restant) = 20,0;

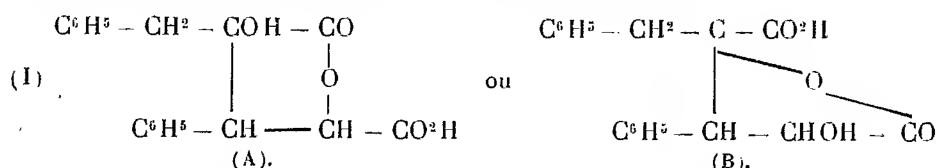
le sel pouvant se représenter par la formule



CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation de l'acide diphénylpyruvique.* Note [1] de M. **Jules Jarrousse**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons étudié l'hydrogénation de l'acide diphénylpyruvique [2] par l'amalgame de sodium dans un milieu maintenu constamment acide par additions sucessives d'acide acétique.

I. Cette hydrogénation nous a donné un acide (I) auquel nous avons été conduit à attribuer une des deux formules isomères :



et plus probablement la formule (A). L'hydrogénation porte sur la fonction cétone, la transformant en fonction alcool; il se crée un groupement lactone. Les formules (A) et (B) ne diffèrent que par la place de ce groupement.

Cet acide fond à 225°; il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, dans l'éther, très peu soluble même à chaud dans le benzène et dans le chloroforme. Son sel de sodium est facilement séparé de ses solutions par relargage, ce qui facilite la purification.

Chauffé au bain-marie avec l'anhydride acétique, il fournit un dérivé acétylé bien cristallisé fondant à 168°. Cependant la saponification au moyen des alcalis de ce dérivé acétylé ne régénère pas l'acide primitif, comme l'on pourrait s'y attendre, mais elle donne un produit fondant vers 140°. Cette particularité est expliquée par ce qui suit.

II. Une propriété intéressante de l'acide (I) est sa transformation par les alcalis dilués en un acide nouveau (II), bibasique, fondant vers 140° et non susceptible de reproduire l'acide générateur. Cette transformation s'effectue au bain-marie en présence d'une solution diluée de soude ou d'une solution de carbonate de sodium. Elle s'opère à froid, mais plus lentement.

Ceci explique le fait que la saponification du dérivé acétylé signalé ci-dessus ne régénère pas l'acide primitif fondant à 225° : cet acide se transforme sous l'action de l'alcali en donnant l'acide (II) fondant à 140°. Il

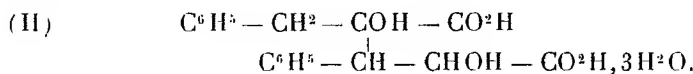
---

(1) Séance du 14 janvier 1935.

(2) J. Bougault et Mlle Hemmerlé, *Comptes rendus*, 162, 1916, p. 758.

est à remarquer que ce dernier, chauffé avec l'anhydride acétique ne nous a pas fourni le dérivé acétylé fondant à 168°.

Les résultats analytiques nous conduisent à proposer pour l'acide (II) la formule

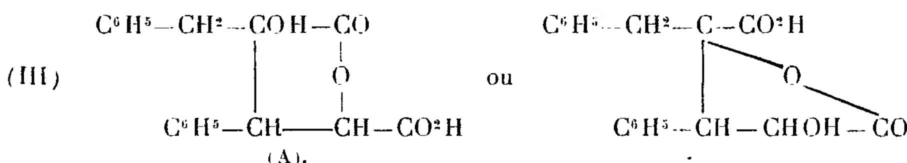


Il est à remarquer que malgré la possibilité théorique d'une formation de lactone celle-ci n'a pas été observée.

L'acide (II) est peu soluble dans l'eau froide, assez soluble dans l'eau chaude de laquelle il cristallise par refroidissement. Il est soluble dans l'alcool, assez peu soluble dans l'éther et très peu soluble dans le benzène même à chaud. Son sel de potassium est insoluble dans l'alcool; il cristallise avec deux molécules d'eau qu'il perd à 100°, il peut être employé utilement pour la purification de l'acide.

III. Le point de fusion de l'acide (II) est mal défini, il correspond à une transformation. L'examen de cette particularité nous a conduit à isoler un troisième acide (III) isomère de l'acide (I).

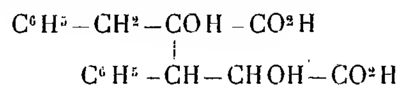
L'acide (II) maintenu en fusion pendant deux à trois minutes dans un bain d'huile à 150°-175° donne naissance à un dégagement gazeux. La masse vitreuse obtenue étant dissoute dans un peu de benzène chaud, la solution laisse cristalliser par refroidissement un corps fondant à 136° que nous avons reconnu être un acide monobasique, contenant un groupement lactone. Cet acide est un isomère de l'acide (I), il doit correspondre à une des deux formules déjà citées.



Maintenu au bain-marie en présence de soude diluée, il redonne l'acide bibasique fondant vers 140° dont il dérive.

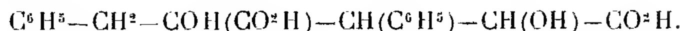
Conclusion. — L'hydrogénation de l'acide diphénylpyruvique nous a fourni un acide lactonique fondant à 225°. Celui-ci se transforme par la soude en un acide bibasique dérivant du premier par hydratation et fondant vers 140°. Ce dernier, maintenu à l'état fondu pendant quelques minutes, fournit un troisième acide monobasique et lactonique, isomère du premier.

Ces trois acides dérivent probablement d'un même schéma



$$\begin{array}{l} C^6H^5-CH^2-COH-CO^2H \\ \qquad\qquad\quad | \\ \qquad\quad C^6H^5-CH-CHOH-CO^2H \end{array}$$

qui peut s'écrire



$$C^6H^5-CH^2-COH(CO^2H)-CH(C^6H^5)-CH(OH)-CO^2H.$$

Ce schéma peut donner lieu à deux sortes de lactonisation [formules (I) et (III)], il possède trois carbones asymétriques. Il comporte donc, selon la théorie, l'existence de quatre formes racémiques différentes; ces formes peuvent être ou non lactoniques.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la quantité et la nature des gaz dégagés sous l'action de la chaleur et du vide par quelques charbons fossiles de Roumanie. Contribution à la classification de ces combustibles.* Note de M. **Jean Rudic**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Le procédé de fractionnement thermique des gaz résultant de la carbonisation, préconisé par M. P. Lebeau pour l'étude des combustibles [1], nous a conduit, pour huit charbons roumains, dont l'exploitation représente 52 pour 100 de la production nationale, aux résultats qui font l'objet de la présente Note.

Nous indiquerons d'abord dans le Tableau I les principales caractéristiques analytiques de chacun de ces combustibles dans leur état naturel, ceux-ci étant rangés d'après leur teneur croissante en carbone, rapportée au charbon considéré comme sec et sans cendres.

Tableau I.

Numéro de l'échantillon.	Provenance.	C* °/₀.	Humidité °/₀.	Cendres °/₀.	Matières volatiles °/₀.	H** °/₀.	C °/₀.
1...	Schitul Golesti...	66,20	15,45	6,23	46,80	4,00	51,81
2...	Comanesti.......	72,72	11,10	8,88	36,67	4,14	58,18
3...	Codlea..........	75,85	10,70	5,82	35,50	4,11	63,34
4...	Lonea...........	76,50	5,91	6,45	37,00	4,70	67,05
5...	Lupeni..........	80,92	2,26	6,30	40,44	5,33	74,00
6...	Anina...........	86,30	1,57	1,52	29,76	4,93	83,63
7...	Baia Noua.......	90,81	0,64	10,32	11,26	3,37	80,86
8...	Schela..........	96,33	5,16	1,36	5,05	0,93	90,05

* Dans cette colonne, la proportion de C est rapportée au charbon déduction faite des cendres et de l'humidité.

** Après défalcation de l'hydrogène de l'eau hygrométrique.

---

(1) Paul Lebeau, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 319, et 178, 1924, p. 391 et 2101.

Par ailleurs, nous résumerons les résultats obtenus au cours du fractionnement thermique des gaz provenant de la pyrogénation de ces charbons dans le tableau II, qui indique les volumes gazeux totaux dégagés jusqu'à 1000°, ainsi que leur teneur en hydrogène, méthane, carbures saturés supérieurs, carbures éthyléniques, oxyde de carbone, anhydride carbonique et acide sulfhydrique, rapportés au charbon brut. Nous ajouterons la proportion de goudrons lourds obtenus dans ces expériences.

TABLEAU II.

Numéro de l'échantillon.	Volume total.	H.	CH^4.	Saturés sup.	Éthyléniques.	CO.	CO^2.	SH^2.	Goudrons. °/₀.
	En mètres cubes par tonne de charbon.								
1....	294,4	138,9	33,2	3,80	2,08	60,2	50,2	1,33	4,5
2....	294,2	177,8	33,5	4,92	4,10	39,9	28,0	2,91	3,0
3....	283,5	178,2	43,3	7,83	2,53	32,1	13,9	1,27	2,8
4....	306,0	182,5	48,9	8,61	2,65	40,6	16,2	4,02	4,5
5....	305,1	189,1	58,9	10,75	3,77	26,7	11,1	3,22	11,8
6....	316,3	212,2	58,0	7,60	4,27	26,7	4,2	0,24	10,8
7....	326,8	271,2	36,0	3,10	0,60	12,0	3,4	0,14	0,1
8....	45,4	27,9	0,1	-	-	9,0	7,6	-	-

Les résultats complets, ainsi que les courbes représentatives du fractionnement thermique, ne peuvent trouver place ici. Une vue générale sur les données acquises montre que, pour les sept premiers échantillons, le maximum du dégagement total, qui est aussi celui de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone, a lieu au palier de 700°; la courbe de l'échantillon 8 ne présente pas de maximum. Le volume total recueilli jusqu'à 1000° est voisin de 300 m³/t pour les échantillons 1 à 7 et de 45,4 m³/t seulement pour le huitième.

Il s'ensuit que ce dernier, considéré jusqu'ici comme anthracite, se range dans la classe des peranthracites décrite par M. Lebeau [1]; nous avons vérifié qu'il possédait, en dehors des caractères révélés par le fractionnement thermique, toutes les propriétés analytiques, chimiques et microscopiques de cette catégorie de combustibles.

Des considérations tirées de l'ensemble des observations (aspect du graphique de pyrogénation, volumes des gaz dégagés à 300°, 400°, 500°, proportion d'hydrogène et d'anhydride carbonique dans les mélanges gazeux) nous ont permis de préciser la classification des échantillons examinés, et de les grouper ainsi qu'il suit :

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1234.

I. *Lignites : xyloïde* (S. Golesti); *à aspect résineux* (Comanesti); *noirs* (Codlea, Lonea, Lupeni).

II. *Houilles : grasse* (Anina); *anthraciteuse* (B. Noua).

III. *Peranthracites* (Schela).

Il y a lieu de remarquer, en outre, que le charbon de Lupeni présente quelques propriétés rappelant celles des houilles, que la houille de B. Noua est très voisine des anthracites, et, enfin, que le charbon de Codlea n'est pas, comme on l'admet généralement, une houille, mais un lignite noir ayant de grandes analogies avec celui de Lonea.

GÉOLOGIE. — *La constitution géologique des îles Wallis et Futuna.* Note de M. E. **Aubert de La Rüe.**

Au cours d'une mission accomplie en 1934 dans le Pacifique austral, j'ai pu me rendre aux îles Wallis et Futuna. Ces deux petits groupes insulaires de la Polynésie occidentale n'avaient encore été l'objet d'aucune étude géologique.

L'archipel Wallis comprend une terre principale, Uvea, entourée d'une vingtaine d'îles de moindre importance, le tout protégé par un récif-barrière. Uvea est formée par des épanchements basaltiques qui sont d'une grande uniformité au point de vue lithologique : ce sont des basaltes doléritiques à olivine. Je n'ai pas compté moins d'une dizaine de volcans bien conservés, tous peu élevés et de forme très surbaissée due à la fluidité originelle des laves qui les ont édifiés. Dans le Sud de l'île, entre Mua et le lac Kikila, la surface des coulées est encore assez fraîche, mais ailleurs les basaltes sont souvent profondément altérés en une argile rouge latéritique dont le lessivage par les pluies a libéré d'importantes quantités de magnétite, formant des dépôts le long de la côte d'Hihifo, à Fakautu en particulier. Des tufs basaltiques vitreux, riches par endroits en gros blocs de lave, forment de nombreux affleurements entre Papakila et Alele dans le nord-est d'Uvea. Ces tufs sont traversés par quelques dykes basaltiques entre la pointe Tepako et Alele.

Plusieurs des anciens appareils volcaniques de l'île sont des cratères-lacs; celui de Lalo-Lalo, large de 800^m, est absolument remarquable par sa forme circulaire et sa paroi verticale haute de 80^m.

Parmi les autres îles du groupe, certaines sont également volcaniques et basaltiques, notamment : Nukuloa, Luaniva, Fungalei et Nukuatea tandis que d'autres, comme Nukuhifala et Faioa, sont basses et madréporiques. A l'exception de ces îlots coralliens récents, je n'ai observé aux îles Wallis

aucune formation sédimentaire. Rien ne permet donc de préciser l'âge des éruptions basaltiques. A en juger par le degré peu avancé de l'érosion, celles-ci ne paraissent pas très anciennes et ne sont vraisemblablement pas antérieures au Pléistocène.

L'île Futuna forme avec Alofi et les deux îlots de Somaluma, l'archipel de Horn, situé à 240^{km} au sud-ouest des Wallis.

Futuna, l'île principale, est constituée par des roches volcaniques et des dépôts sédimentaires. Les laves dominantes sont des andésites, à pâte très vitreuse, contenant parfois un peu d'olivine. Elles forment des coulées épaisses, généralement bréchoïdes et dont les blocs sont souvent cimentés par de l'obsidienne, comme à Toloke. Les affleurements sont nets et nombreux dans les escarpements qui dominent la côte, mais rares dans les montagnes de l'intérieur où ces andésites sont généralement très latéritisées. Au nord de Fiua, elles contiennent de gros rognons de calcédoine.

Des dolérites, antérieures semble-t-il aux andésites, apparaissent en quelques endroits. Elles forment en particulier la pointe de Keu, dans le nord de l'île. Sur la plage se trouvant juste au Sud, j'ai recueilli, à l'état de galets, une dolérite appartenant certainement à une série plus ancienne. A l'anse de Sigave et dans la rivière de Leava, on rencontre, également à l'état roulé, une dolérite à pigeonite et micropegmatite provenant de la zone axiale de l'île. Des tufs augitiques sont visibles en différents points, notamment dans la vallée de Vainifao.

Futuna a été profondément démantelée par l'érosion et il est difficile d'identifier les anciens centres éruptifs. Le Mont Puke (alt. 600^{m}), où n'affleure aucune roche intacte, est probablement le vestige du principal d'entre eux. Plus à l'Ouest, quelques pitons, dont le Colofatfat (alt. 460^{m}) sont constitués par une brèche andésitique.

Dans l'Ouest et le Sud de Futuna apparaît, entre le littoral et la cote 100, une série sédimentaire, représentée par des calcaires, des marnes, des grès et des poudingues, où se retrouvent à l'état remanié les roches volcaniques du substratum. Ces dépôts contiennent toute une faune de Foraminifères dont M. A. Keller a déterminé quelques formes. Les calcaires tendres, entre Leava et la rivière de Vainifao, renferment notamment : *Cycloclypeus* Martin et *C. annulatus* Martin, nettement caractéristiques, d'après G. F. Dollfus [1], de l'Aquitanien de Célèbes et de Bornéo. Dans le Nord-Ouest, entre Fiua et Tavai, les marnes renferment une Lépido-

---

[1] *Paléontologie du voyage à l'île Célèbes de M. E. C. Abendanon*, Leide, 1915, p. 50.

cycline très voisine d'*Eulepidina papulifera* Douvillé et appartiennent à un niveau légèrement supérieur. Les andésites et les dolérites de Futuna, qui appartiennent peut-être à des séries éruptives différentes, sont certainement d'âge antemiocène.

Il y a lieu de signaler encore la présence autour de Futuna de quelques récifs coralliens soulevés, d'âge quaternaire, formant notamment une terrasse nette, à la cote de 4^m, sur laquelle sont construits les villages indigènes.

Les îlots de Somaloma sont exclusivement volcaniques, mais Alofi semble formée, comme Futuna, à la fois de roches volcaniques et de terrains sédimentaires.

Les îles Wallis et Futuna se distinguent donc nettement les unes des autres par leur formation géologique; les laves de Futuna étant plus acides et plus anciennes que celles des Wallis.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure géologique du Bocage Vendéen.* Note de M. **Gilbert Mathieu**, présentée par M. Ch. Barrois.

Au sud de la Loire, le Massif armoricain se décompose en une série de longues bandes granitiques ou schisteuses dirigées NW-SE (direction des Cornouailles), comme on peut le constater sur notre figure.

Jusqu'à présent les géologues ayant étudié la Vendée ont noté par la lettre X les schistes anciens de ce pays et les ont uniformément représentés sur les cartes par la même teinte. Ces géologues ont émis sur l'âge de ces formations des avis partagés : les uns considèrent les schistes X de Vendée comme Précambrien, les autres comme Cambrien. Nous proposons les divisions suivantes dans la formation X de Vendée :

X des Cartes géologiques	3. Étage de La Châtaigneraie	↑ Age relatif.
	2. Étage du Bourgneuf	
	1. Briovérien	

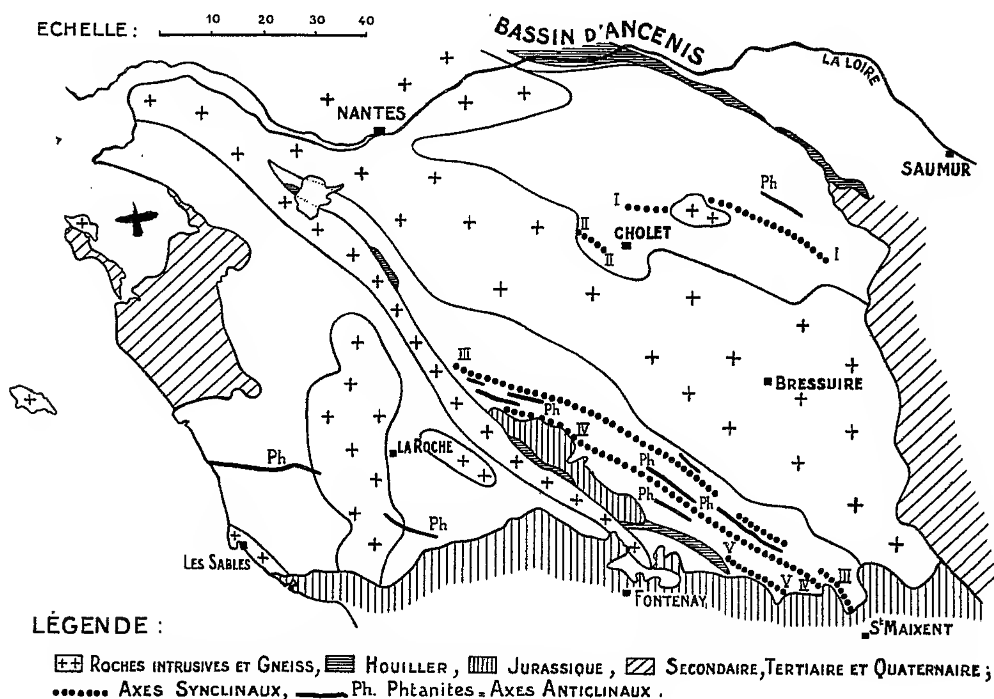
1. A la base de la série X de Vendée, on trouve des schistes et des grauwackes, très plissés avec un horizon de *phtanites* à *Radiolaires*; dans la région des Sables d'Olonne, le Briovérien présente une formation calcareuse avec schiste grenatifère et calcaire cipolin.

2. *L'étage du Bourgneuf* est constitué par des schistes violacés, des schistes et quartzites verts, à la base en certains points on trouve un pou-

dingue avec galets de schistes rouges et de quartz (Sigournais, Faymoreau). Dans cet étage, il y a des épanchements de rhyolite très importants.

3. *L'étage de La Châtaigneraie* comprend surtout des quartzites blancs mais aussi des arkoses et des psammites. On rencontre également des bancs de poudingues de quelques décimètres d'épaisseur intercalés dans la masse du quartzite; les galets sont formés par le quartz et les phtanites.

Pour adopter la succession proposée ci-dessus, les principes de superposition faisant défaut dans ce pays plissé et les arguments paléontologiques



Croquis tectonique de la région vendéenne.

manquant également, nous avons, par contre, des raisons d'ordre pétrographique et tectonique.

Les phtanites de l'étage n° 1 sont remaniés à l'état de galets dans l'étage n° 3, et les rhyolites de l'étage n° 2 peuvent être remaniées à la base de l'étage de La Châtaigneraie.

Le quartzite de l'étage n° 3 montre une disposition synclinale en plusieurs points (Carrière de Cheffois, gorge du Roc de la Chaise). En d'autres points, il forme des bandes synclinales très étroites qui sont

pincées rapidement en profondeur et n'affleurent, par suite, qu'au sommet des collines (Saint-Pierre-du-Chemin). La connaissance de l'âge relatif de ces trois étages nous a permis de tracer sur les cartes de Vendée les lignes synclinales formées par le quartzite de La Châtaigneraie et les lignes anticlinales constituées par les *phtanites*.

Nous avons reconnu les plis synclinaux suivants :

I. *Le Synclinal de Trémentines et de Somloire*, s'étendant jusqu'aux environs de Thouars et coupé par le petit massif de granite à amphibole de Vezins.

II. *Le Synclinal de la Romagne*, situé le long de la vallée de la Moine.

III. *Le Synclinal de Saint-Pierre-du-Chemin*, qui s'étend de Chauché (Vendée) à Saint-Maixent (Deux-Sèvres) sur une longueur de plus de 90^{km}.

IV. *Le Synclinal de La Châtaigneraie*, parallèle au précédent.

V. *Le Synclinal des Champdeniers*, à Puy Hardy, qui n'existe que dans la Gâtine.

Il faut ajouter la grande ligne synclinale marquée par la série des lambeaux houillers de Vendée, de structure complexe, où les flores namurienne, westphalienne et stéphanienne sont représentées. Cette région est d'autant plus intéressante qu'elle renferme le Jurassique de la fosse de Chantonnay, effondré au milieu des terrains primaires, le long de grandes failles dirigées NW-SE.

Dans les régions uniquement briovériennes, les bandes de *phtanites* faciles à suivre sur le terrain, nous indiquent la direction des plis. Ainsi, près de la côte, la bande de *phtanite* de Brétignolles présente une direction presque Est-Ouest alors que les grands plissements du synclinorium de Chantonnay sont orientés NW-SE.

Age des Granites. — Justement, dans cette région côtière, des affleurements de *phtanite* conservés au milieu de massif granitique nous montrent que les granites de Vendée sont postérieurs au dépôt du Briovérien. Autour de Cholet, ils apparaissent comme plus récents que les synclinaux de Trémentines et de la Romagne.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Lias dans la province du Phu Yên (Sud-Annam) et sur l'âge des grès supérieurs de l'Indochine du Sud-Est.* Note de M. **Edmond Saurin**, présentée par M. Ch. Jacob.

Sur la rive droite du Song Da Rang, ou cours inférieur du Song Ba, le Lias est représenté par des grès supérieurs qui surmontent d'importants affleurements de terrain rouge norien.

Sur la rive gauche, dans les collines qui dominent le fleuve, vers 200 à 300^{m} d'altitude, il existe encore une zone plus importante de terrains

liasiques, surtout formés de grès supérieurs, de direction générale WNW-ESE. Ces affleurements présentent une certaine extension dans la vallée du Song Ca Lui, affluent du Song Ba, qui les recoupe. De là, ils continuent vers l'Est en s'amincissant pour disparaître finalement sous des basaltes récents.

Dans la vallée du Song Ca Lui, ces affleurements ne manquent pas d'intérêt. Entre les villages de Boun Ma Moc et de Buon Ma Dao, on observe de grandes masses de grès supérieurs. Leur base repose en discordance à la fois sur un granite à gros éléments, lité, parfois gneissique qui couvre de grandes étendues dans les provinces de Phu Yên et de Binh Dinh, et sur des dacites et rhyolites.

Les couches inférieures de ces grès sont inclinées de 20°. Le pendage s'atténue légèrement jusqu'aux couches supérieures, mais l'ensemble forme un synclinal très net.

Les couches de base sont formées d'une alternance rapide de conglomérats siliceux dans lesquels prédominent les galets de quartz, et de grès siliceux plus fins. On y observe une intercalation peu épaisse d'une roche éruptive basique, du groupe des andésites.

La partie moyenne et supérieure de ces grès présente le faciès habituel de cette formation : grès blancs, très siliceux, mais contenant aussi des débris de plagioclases.

A leur partie supérieure, près du village de Buon Ma Moc, où le sommet affleure dans le lit du Song Ca Lui, se voient des grès verdâtres, horizontaux par suite de leur position probable au centre du synclinal. Ces grès contiennent des intercalations peu épaisses d'une lumachelle calcaire dans laquelle j'ai reconnu pour l'instant : *Pecten* (*Amussium*) *pumilus*, Lmck. var. *donaiensis* Mansuy, *Trigonia* cf. *striata* Mill., avec de nombreux Ostréidés et de gros Pleurotomaires.

En amont de ce point jusqu'auprès de Buon Ma Dao, on trouve encore, sans que je les y ai vus en place, des blocs nombreux de cette lumachelle attenant quelquefois à des morceaux de grès d'un faciès intermédiaire entre celui des grès verdâtres précédents et celui des grès supérieurs. Ces blocs proviennent sans doute des couches supérieures de la masse gréseuse qui se relèvent de part et d'autre de la vallée.

Les deux espèces citées sont caractéristiques des affleurements toarciens de l'Indochine du Sud ([1]). Ces lumachelles appartiennent donc à cet étage.

([1]) E. Saurin, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 160; 197, 1933, p. 925.

Elles permettent d'attribuer les grès supérieurs qu'elles surmontent et qui reposent par ailleurs sur du terrain rouge norien, non seulement au Rhétien, mais, étant donné le caractère continu de la sédimentation, à l'ensemble du Lias inférieur et moyen dont tous les horizons peuvent être représentés par ce faciès continental. Il est même possible, ce dont je n'ai pu nettement me rendre compte, qu'en certains points, la lumachelle toarcienne soit à nouveau recouverte par quelques bancs de grès supérieurs qui pourraient ainsi monter jusque dans la Jurassique moyen.

Au point de vue paléogéographique et structural, cette nouvelle zone de Toarcien marin permet d'envisager la continuité du sillon toarcien qui, partant de la Cochinchine, s'étend en direction NNE, jusqu'au Darlac septentrional ([1]), puis s'infléchit vers l'ESE pour aboutir à la côte actuelle au nord du Varella, séparant ainsi du Cambodge oriental et de la plus grande partie du massif cristallin du Kontum, le massif sud-annamitique et ses abords septentrionaux.

GÉOLOGIE. — *Le Bassin tertiaire d'Eoulx, près Castellane (Haute-Provence).* Note de M. **Albert F. de Lapparent**, présentée par M. Ch. Jacob.

Au sud-est de Castellane, et en dehors de la limite atteinte par la mer nummulitique, s'étend, entre Eoulx au Nord et Brenon au Sud, un bassin complexe, rempli de sédiments lacustres qui reposent sur le Crétacé supérieur. Les modifications apportées par Guébhard ([2]) aux notations et aux contours de la feuille de Castellane au 80000e n'ont pas résolu tous les problèmes stratigraphiques et tectoniques qui se posent ici. Des recherches détaillées m'ont conduit à des conclusions nouvelles qu'on peut résumer de la façon suivante.

Stratigraphie. — Deux niveaux seulement peuvent être ici distingués dans les terrains tertiaires :

1° Un calcaire lacustre, très typique, se présente en affleurements discontinus sur les bords du bassin. On y trouve : *Helix declivis*, *H. Marioni*, *H. Voltzi*, *Limnea Michelini*, *L. aquensis*, *Planorbis pseudoammonius*, *Pl. concavus;* son âge lutétien est ainsi bien établi.

([1]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 160, et **197**, 1933, p. 925.

([2]) Carte géologique détaillée du nord-est du département du Var, *Notes Provençales*, **2**, 1917.

2° L'ensemble du bassin est rempli par une épaisse formation comprenant surtout des marnes, des poudingues, et des calcaires lacustres blancs. A La Braïsse, vers la base, un calcaire renferme *Melanopsis Kleini* Kurr var. *valentinensis* Font. et *Neritina crenulata* Klein (= *N. Grasiana* Font.). Dans le ravin au nord-est de La Rivière, les bancs calcaires qui reposent sur le Turonien contiennent *Helix Christoli*, *Limnea heriacensis*, *Planorbis Matheroni*, *Bithinella Deydieri*. A Rayau, ces mêmes calcaires sont surmontés par des marnes et des lignites : là se trouve le célèbre gisement à troncs de Palmiers. Ainsi, tout cet ensemble serait d'âge pontien, et donc très différent des calcaires, poudingues et argiles rouges oligocènes de Taulanne.

Tectonique. — A Brenon, les calcaires et poudingues pontiens, confondus à tort avec le Lutétien, buttent par faille, au Nord-Ouest, contre le Crétacé inférieur ou le Jurassique du dôme de Clare. — Entre Brenon et Châteauvieux, le Lutétien à *Pl. pseudoammonius* et *L. Michelini* couronne la colline cotée 1031 ; au-dessous, s'étagent sur plus de 150^{m} d'épaisseur, des marnes et des calcaires lacustres dont les auteurs précédents ne savaient que faire. La découverte de fossiles pontiens vers la base de la série, à La Braïsse, m'avait incité à interpréter le Lutétien du sommet 1031 comme un lambeau de recouvrement. De fait, ce calcaire est souvent très broyé, recristallisé, et les pendages sont partout confus. En outre, vers le Nord-Est, dans un petit col, on voit affleurer, dessinant une courbure anticlinale *sous le Lutétien*, le Pontien à grandes Limnées et débris de Tortues; au delà, on retrouve une barre de Lutétien fossilifère, plongeant au Nord-Est, et qui se présente comme la racine du lambeau de recouvrement. Plus loin encore vers le Nord-Est, cette écaille lutétienne, ployée en synclinal, *est surmontée* par un calcaire pontien à Limnées et Tortues. — Dans le torrent d'Eoulx à La Rivière, l'érosion a mis à jour deux barres de calcaire lutétien recouvert en discordance par le Pontien, et qui ont jailli en écailles, faillées sur leur flanc sud-ouest.

Age des plissements. — 1° On n'observe pas de discordance angulaire du Lutétien sur le Turonien. Cependant, entre Châteauvieux et le cours du Jabron, le Sénonien s'intercale entre les deux. Si donc des mouvements ont pu se produire entre le Crétacé et le Lutétien, ils sont bien difficiles à mettre en évidence. L'étude des affleurements du synclinal perché de Sebet ne contredit pas cette manière de voir : surmontant ici le Turonien, des argiles et sables bariolés pourraient rappeler les faciès de l'Éocène inférieur provençal; cependant, à cause de l'absence complète de ce niveau dans toute la région, et par comparaison avec Brenon, où des sables analogues sont intimement liés aux couches détritiques du Campanien, il paraît plus probable de rapporter au Sénonien supérieur les sables de

Sebet. Ici, le Lutétien lacustre repose partout sur ces sables; il ne s'étend pas au Nord sur le Cénomanien, mais une grande coulée de boue en a entraîné des blocs jusque vers Les Sagnes;

2° Le Pontien est partout discordant de la façon la plus nette sur le Lutétien, le Sénonien et le Turonien; au Bourguet, même, il repose sur un anticlinal érodé jusqu'au Cénomanien. Mais en l'abscence d'une série tertiaire aussi complète que celle de Barrême ([1]), il ne semble pas possible de préciser la part respective des plissements provençaux et celle des plissements alpins oligocènes;

3° Par contre, on peut ici attribuer avec certitude à une phase post-pontienne des mouvements très importants. D'Eoulx à Robion, le Pontien est plissé en un long synclinal. Le flanc normal du pli alpin de Destourbes ne paraît pas l'avoir chevauché bien loin vers le Sud-Ouest : à Rayau, en effet, on voit les deux bords du synclinal, et le substratum crétacé lui-même apparaît largement au Nord, à Eoulx. Les recouvrements compliqués, qui s'étendent entre Rayau et Eoulx, atteignent une amplitude de 400^{m}; ils semblent se rattacher, au moins en partie, au flanc inverse du pli de Destourbes. A cette phase tardive se rapportent encore la faille de Brenon, et le lambeau lutétien du sommet 1031, qui a chevauché le Pontien sur 1^{km} au moins. Enfin l'anticlinal du Bourguet a été repris et déversé au Sud : les poudingues se trouvent pincés sous le Cénomanien du flanc sud.

GÉOCHIMIE. — *Sur l'origine de l'hélium des gaz naturels. Hélium et ékacæsium* (*élément n° 87*). Note de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. L. Cayeux.

1. Les gaz naturels les plus riches en hélium se dégagent des dépôts lagunaires anciens ([2]); mais une faible partie seulement de l'hélium de ces gaz peut provenir de la désintégration des radioéléments connus (uranium, thorium, actinium).

a. Grisous. — Les radioéléments présents dans la houille n'ont pu engendrer qu'une infime partie de l'hélium des grisous ([3]).

([1]) Cf. Albert F. de Lapparent, *C. R. somm. S. G. F.*, n° 15, 1934, p. 218.

([2]) A. Lepape, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1643.

([3]) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 598. En utilisant les données de cette Note, et en admettant, pour le grisou d'Anzin (fosse Hérin) qu'il se dégage 39$^{m^3}$ de grisou par tonne de houille extraite (Chesneau, cité par Le Chatelier,

b. Gaz de pétroles. — Pour rendre compte des immenses réserves d'hélium des terrains pétrolifères nord-américains, Rogers (¹), Lind (²) et Wells (³) ont émis d'intéressantes hypothèses, mais qui semblent impuissantes à expliquer tous les faits (écart considérable entre la richesse en hélium des gaz primaires et des gaz tertiaires, hélium des gaz « en place » que sont les grisous, relation entre l'hélium et le lithium des sources triasiques, constance du rapport argon-azote, etc.). En outre, l'imperméabilité à l'hélium des réseaux cristallins (Piutti et Boggio-Lera, 1923; Urry, 1933; Rayleigh, 1935), paraît s'opposer au dégagement postulé de la majeure partie de l'hélium engendré au sein des roches communes dans les microcristaux peu altérables où les radioéléments sont principalement confinés.

c. Gaz des sources triasiques. — L'absence de toute relation entre l'hélium et la radioactivité ne permet pas de rattacher la totalité de l'hélium de ces sources aux radioéléments connus, que les terrains minéralisateurs ne renferment probablement qu'en proportions normales (Joly, 1910; Fletcher, 1912).

2. On ne saurait rapporter l'hélium des formations lagunaires anciennes à des radioéléments à vie courte (radium, par exemple), isolés de leurs générateurs à vie longue, car les sédimentations lagunaires tertiaires auraient dû reproduire le même phénomène (⁴).

3. L'hélium des formations lagunaires *anciennes* proviendrait-il donc, pour sa majeure partie, de radioéléments aujourd'hui disparus de l'écorce terrestre? La relation que nous avons fait connaître entre l'hélium et le lithium de certaines sources triasiques (⁵) nous conduit à penser que *le lithium et le cæsium de ces sources exceptionnellement riches en hélium sont les indicateurs de la présence originelle du radioélément alcalin hypothétique* n° 87, *ou ékacæsium, dans les terrains minéralisateurs.*

En raison de sa rareté et de ses analogies chimiques, l'ékacæsium a dû

Le Grisou, p. 24), on calcule que ce volume de grisou contient près de 10000 *fois plus d'hélium* que les matières radioactives de la houille d'Anzin n'en ont produit depuis l'époque carbonifère (3×10^8 ans).

(¹) G. S. Rogers, *U. S. Géol. Survey Prof. Paper*, n° **121**, 1921, p. 68.

(²) *Proc. Nat. Ac. Sc., U. S. A.*, **11**, 1925, p. 772.

(³) *J. Washington Ac. Sc.*, **19**, 1929, p. 321.

(⁴) Les eaux salées des gisements pétrolifères tertiaires du Caucase, extraordinairement riches en radium (jusqu'à $1{,}8 \times 10^{-8}$ gr Ra/litre) sont accompagnées de gaz dont l'azote brut n'est pas anormalement riche en hélium (Vernadsky, Chlopin, Nikitine, Komlev, Golubyatnikov, Rostovtzev, etc., 1930-1932).

(⁵) A. Lepape, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 163.

suivre, dans cette hypothèse, les éléments alcalins rares (lithium, rubidium, cæsium) au cours des séparations chimiques naturelles (différenciation minéralogique des magmas ignés, précipitations chimiques, adsorptions et échanges d'ions physicochimiques, assimilations biochimiques), et se concentrer ainsi, avec ses homologues inférieurs, soit dans les tissus des plantes houillères ([1]), soit dans les produits d'évaporation lagunaire des eaux fluviales et marines (marnes et argiles salifères et pétrolifères).

La masse totale d'ékacæsium de l'écorce terrestre a progressivement diminué au cours des temps géologiques; elle se trouvait déjà fortement réduite dès l'ère tertiaire (30 à 60 millions d'années); et elle n'est peut-être plus représentée aujourd'hui que par d'infimes traces, ou par les produits stables de désintégration, dont l'un d'eux est l'hélium

Au cours de l'ère primaire, un enrichissement probablement peu élevé en éléments alcalins correspondait à une concentration relativement notable en ékacæsium (grisous et gaz de pétrole primaires très riches en hélium), laquelle a dû exiger, à l'époque triasique, une accumulation beaucoup plus importante des alcalins homologues (seules, les sources triasiques riches en Li et Cs sont très riches en He). Ensuite, le rôle de l'ékacæsium a cessé d'être important dans la genèse de l'hélium des gaz naturels; celui-ci a été produit presque exclusivement par l'uranium et le thorium, aussi, une relation très nette peut-elle être observée entre l'hélium et la radioactivité (radon) de certains gaz tertiaires (Czako, 1913; Kano et Yamaguti, 1926; Levi, Nasini et de Cori, 1932).

4. Divers minéraux : sels de potassium naturels ([2]), tourmalines et surtout béryls, contiennent des proportions plus ou moins élevées d'hélium (jusqu'à 77,6 mm^3/g dans un béryl indien, d'âge archéen, Rayleigh, 1933), et sont cependant dépourvus de radioéléments (Lord Rayleigh, 1909 et 1933; Piutti, 1910 et 1913; Sasaki, 1926; Paneth et Günther, 1928). Or, ces espèces minéralogiques contiennent fréquemment du cæsium (jusqu'à 5 pour 100 dans certains béryls); l'hélium qu'on y trouve pourrait donc provenir d'ékacæsium entraîné, à titre d'impureté alcaline radioactive, par le minéral au cours de sa formation.

([1]) Les quantités considérables d'hélium des grisous pourraient difficilement provenir de l'ékacœsium (ou tout autre radioélément) répandu dans les « murs » des veines de houille, considérés comme « sols de végétation » de la forêt houillère.

([2]) Dans un gaz des mines de potasse de Stassfurt, E. Erdmann a trouvé, en 1910, plus de 1 pour 100 d'hélium dans l'azote brut.

HYDROGÉOLOGIE. — *Sur les gouffres et cavernes de la région de Taza (Maroc).* Note de M. **Norbert Casteret.**

Appelé à procéder à des explorations souterraines dans le Moyen Atlas au sud de Taza, au triple point de vue scientifique, utilitaire et touristique, nous avons accompli la première enquête hydrogéologique effective au Maroc et constaté que la région indiquée recèle une multitude de grottes et gouffres, certains du plus haut intérêt.

A 15^{km} au sud de Taza, à 1340^{m} d'altitude, la grande grotte du Chikker, sous-jacente au lac temporaire de la Daya Chikker, qui s'y déverse périodiquement, est une caverne grandiose comportant un puits d'entrée de 70^{m} de profondeur et une vaste galerie à voûtes très élevées, longue de 5^{km}. Cette grotte très ornée, en cours d'aménagement, comporte des étages inférieurs où coule une rivière souterraine permanente qui revoit le jour à 7^{km} au Nord et 300^{m} plus bas, à la résurgence de Ras el Oued. Cette résurgence s'opère par des cascades jaillissantes étagées sur de belles assises de tuf.

La résurgence supérieure, captée pour l'industrie électrique, subit des soutirages naturels très préjudiciables, qui s'accentuent tous les ans. Une exploration du cours souterrain et des travaux d'aveuglement des fissures de soutirage rendraient à cette résurgence l'intégrité de son débit, nécessaire aux fins pour lesquelles elle a été captée.

Les montagnes calcaires qui encerclent complètement la Daya Chikker et en font un bassin fermé ovale de 9^{km} de long, sont percées de puits naturels qui collectent les eaux en profondeur vers la grotte du Chikker et le réseau aquifère souterrain dont l'émergence se trouve à Ras el Oued. Quelques-uns de ces gouffres sont de premier ordre. L'abîme jusqu'alors inconnu et inexploré de Kef el Sao, qui s'ouvre vers 1650^{m} d'altitude sur les flancs du Djebel Messaoud, s'est révélé particulièrement curieux et profond de 144^{m}. C'est le plus profond de l'Afrique et son existence vient corroborer l'ampleur et l'importance de phénomènes hydrogéologiques dont l'universalité ne peut plus faire de doute.

Le gouffre de Fregato, non loin de celui de Kel el Sao, est une énorme cavité de 40^{m} de diamètre et 125^{m} de profondeur verticale. Contrairement à beaucoup d'abîmes qui procèdent par puits successifs étagés, séparés par des étranglements et des boyaux, celui de Fregato s'enfonce d'un seul

jet jusqu'à sa base qui est une salle de 70^m de long, où règne encore la lumière du jour.

Au point le plus bas de cette salle, où des éboulis rocheux se sont accumulés, existait un étroit pertuis dont la désobstruction a donné accès dans un couloir plongeant, suivi de deux vastes salles à voûtes élevées. La cavité paraît se continuer encore plus bas. Ce gouffre dont les proportions exceptionnelles rendent compte de phénomènes hydrogéologiques d'une ampleur démesurée, a englouti jadis des masses d'eau dont l'hydrographie actuelle de la région n'offre qu'un bien faible vestige. La question se pose de savoir s'il existe une relation possible avec la grotte du Chikker, située à 2^km au Nord. Les proportions également grandioses de cette dernière grotte paraissent à la mesure de l'énorme gouffre de Fregato. Faut-il en déduire que cet abîme a pu être le point originel d'engouffrement du cours d'eau qui a autrefois parcouru impétueusement la grotte du Chikker ? Géologiquement rien ne s'oppose à cette hypothèse; elle sera peut-être confirmée par les travaux de désobstruction qui vont être entrepris tant au fond du gouffre que dans la grotte du Chikker.

Un troisième abîme, parmi ceux que nous avons explorés, mérite d'être signalé : c'est celui d'Oulad Ayach, profond de 117^m, qui engloutit un oued temporaire, par une cascade souterraine verticale de 102^m. A la base de cette cascade géante, l'oued souterrain coule dans une galerie accidentée, coupée de petites cascades, dont une nous a arrêté, faute de matériel, sans qu'il nous soit possible de préciser où va ce cours d'eau qui s'achemine peut-être vers de vastes cavernes.

A 37^km au nord-ouest de Taza, dans le Rif, existe la grotte de Kaf el Ghar. C'est une percée hydrogéologique complète, largement ouverte, qui traverse de part en part un noyau calcaire, isolé au milieu de croupes marneuses. L'oued Hakem vient buter contre ce noyau rocheux, disparaît sous terre au pied d'une falaise sous un porche de 80^m d'élévation, circule dans un vaste tunnel naturel à voûtes élevées long de 1^km et reparaît au jour sous un porche gigantesque au fond d'un ravin encaissé encombré d'énormes rochers qui représentent une portion de la caverne dont la voûte s'est effondrée.

La grotte de Kaf el Ghar, à plafond très élevé, sous-jacente de 90 à 100^m à un plateau horizontal où l'on distingue l'ancien lit superficiel, devenu fossile, de l'oued Hakem, est dans les conditions requises pour s'écrouler et devenir un jour un canyon étroit et profond, comme cela s'est déjà produit dans sa partie aval sur une longueur de 100^m. Là comme au

Mas d'Azil (Ariège) ou à Bramabiau (Gard) ou à Domus-Novas (Sardaigne), il y a donc eu un enfouissement et un abaissement énormes du cours d'eau. A Kaf el Ghar l'évolution est encore plus avancée et le processus naturel de la formation des canyons y est inscrit. Cet enfouissement et percement des plus typiques méritent de devenir classiques.

Notre étude n'ayant porté que sur une région restreinte, il appert que les contreforts du Moyen Atlas sont exceptionnellement riches en cavernes. L'hydrogéologie a joué là, et y joue encore, un rôle prépondérant qui explique des phénomènes de dénudation et de dessèchement particulièrement accentués, des dérivations et captures en profondeur de cours d'eau vers des issues lointaines. La formation et le rôle des dayas ou chotts, particuliers aux régions africaines, ont pu y être étudiés et suivis mieux qu'ailleurs et à plus grande échelle, grâce à l'existence de la vaste grotte du Chikker qui se développe sous la cuvette de la Daya Chikker.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations relatives au cycle du nucléole dans la caryocinèse somatique*. Note de M. **Robert de Litardière**, présentée par M. Molliard.

Au cours des recherches que nous poursuivons actuellement sur l'évolution des chromosomes dans la caryocinèse somatique de diverses plantes à prochromosomes, notre attention a été attirée par les figures se rapportant aux stades de disparition du nucléole.

Dans le méristème radiculaire du *Lupinus polyphyllus*, notamment, nous avons observé des aspects instructifs et qui paraissent militer en faveur de la thèse d'un *cycle fermé* du nucléole au cours de la cinèse : sa substance, *ou tout au moins une grande partie de sa substance, disparaît dans l'enchylème nucléaire destiné à se transformer en matière fusoriale et dans le fuseau : les nouveaux nucléoles qui réapparaissent à la télophase, dans les espaces interchromosomiques, ne seraient pas, pensons-nous, de néoformation, mais proviendraient d'une précipitation de la substance nucléaire contenue dans la partie de l'ancien fuseau qui a été englobée dans chaque noyau fille.*

Dans les noyaux interphasiques du *L. polyphyllus*, le nucléole, très chromatophile. remplit la majeure partie de la cavité nucléaire. Au cours de la prophase. le volume du nucléole ne diminue pas d'une façon appréciable. si ce n'est à la période ultime. Nous ignorons si sa substance ne vient pas renforcer celle des chromosomes, lui donner une certaine rigidité, thèse

que nous avions soutenue jusqu'ici; en tout cas, nous n'avons jamais observé que des contacts existent, sous forme d'émissions pseudopodiques, entre chromosomes et nucléoles. Sur ce dernier point nous sommes absolument d'accord avec Eichhorn (1931) qui a justement critiqué les dires de Van Camp. Nous sommes cependant tout porté à croire aujourd'hui que le nucléole, se dissolvant en partie dans l'enchylème nucléaire, à la fin de la prophase, contribue, avec l'enchylème demeuré à l'intérieur du noyau, à la différenciation de la région équatoriale du fuseau, Dans quelques figures de métaphase coupées obliquement et permettant ainsi de voir toute l'étendue de la région équatoriale du fuseau, nous avons remarqué un aspect analogue à celui que Sœur Doutreligne (1933) a figuré pour la prémétaphase chez le *Pastinaca sativa :* à savoir une région équatoriale franchement grisâtre, au milieu de laquelle sont situés les chromosomes, région distincte des cônes fusoriaux plus pâles. Il y a tout lieu de croire que l'aspect spécial présenté par la région équatoriale est dû à la dissolution du nucléole dans l'enchylème nucléaire à un stade un peu antérieur.

Néanmoins très fréquemment, le nucléole de volume réduit est encore persistant à la métaphase au cours de laquelle il disparaît. Le nucléole évanescent est faiblement coloré; sa forme est variable : elle affecte tantôt celle d'un bâtonnet plus ou moins cylindrique situé dans l'axe du fuseau, tantôt celle d'un haltère offrant des extrémités plus chromatophiles que le tractus médian, ou encore celle d'une larme batavique dont la pointe se trouve au milieu des chromosomes. Le nucléole, qui apparaît alors simplement plus dense que la substance fusoriale, semble se fondre au sein de cette dernière. Beaucoup plus rarement, on observe un ou deux petits globules de matière nucléolaire persistant après la métaphase aux pôles du fuseau, en dehors de la masse tassée des chromosomes à la fin de l'anaphase.

La persistance d'une partie du nucléole à la métaphase n'est pas un fait constant chez toutes les espèces à prochromosomes. Par exemple chez le *Juncus conglomeratus*, le nucléole a le plus souvent disparu lorsque les chromosomes sont rangés en plaque équatoriale; il peut encore cependant former à ce stade un bâtonnet au milieu du fuseau ou une petite masse située d'un seul côté de la plaque équatoriale. Chez le *Carex riparia*, ce n'est qu'exceptionnellement que nous avons vu persister de la matière nucléolaire à la métaphase. Il en est de même chez les types à gros chromosomes. Nous avons étudié spécialement à ce point de vue l'*Ephedra fragilis*. Les noyaux interphasiques dans le méristème radiculaire de cette espèce sont pourvus d'un nombre variable de nucléoles, de 1 à 5, assez

petits, ordinairement plus ou moins arrondis. La masse nucléolaire ne paraît diminuer de volume qu'au moment où le noyau devient contracté par suite de la formation des calottes polaires fusoriales. Le nucléole disparaît ensuite brusquement, ne sortant certainement pas de l'aire nucléaire; à la métaphase, on n'en observe plus trace.

Dans certains cas une portion du nucléole peut être observée en dehors du fuseau sous forme d'un ou deux petits globules, aux stades de métaphase ou d'anaphase (ainsi que nous l'avons constaté parfois chez le *Lupinus polyphyllus* et également chez un *Cucurbita Pepo* de race indéterminée). Ce fait n'infirme pas que la majeure partie de la masse nucléolaire disparaît au milieu de l'enchylème nucléaire destiné à se transformer en substance fusoriale ou au milieu de la substance fusoriale différenciée. Jamais dans les diverses espèces que nous avons étudiées, nous n'avons observé que le nucléole, sous forme d'un petit globule placé à chaque pôle du fuseau, pût reconstituer directement le nucléole du noyau fille. Pareille évolution serait la règle chez les *Acacia*, d'après Ghimpu ([1]), et aurait été également observée quelquefois dans la Courge par Eichhorn (1931). Ces faits confirmeraient grandement la thèse (encore hypothétique) de la *continuité de la substance nucléolaire* au cours de la cinèse de la grande majorité des plantes supérieures, puisqu'il y aurait ici une continuité morphologique évidente, ainsi que cela se présente chez un certain nombre de plantes inférienres.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la môle, maladie du Champignon de couche. Morphologie interne des Psalliotes parasités.* Note de MM. **Jean Chaze** et **André Sarazin**, présentée par M. Costantin.

Sous le nom de môle on désigne une grave maladie du Champignon de couche causée par des Ascomycètes des genres *Mycogone* et *Verticillium*. Cette maladie, dont l'identité a été établie en France par Prillieux, a fait l'objet, en 1892, de plusieurs mémoires de Costantin et Dufour ([2]); depuis lors, les champignonnistes, sur les conseils de ces auteurs, ont amélioré

([1]) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1224 (fig. I-IX). La figure VIII donnée par l'auteur et relative à une télophase ne semble guère cependant confirmer cette évolution.

([2]) *Comptes rendus*, **114**, 1892, p. 498, *Rev. gén. Bot.*, **4**, p. 401, 459, 462, 4 pl. 1892; *Assoc. pour l'avancement des Sc. Congrès de Pau*, 1892, p. 406.

leurs méthodes de culture. Si la môle n'occasionne plus des ravages aussi considérables qu'autrefois, elle n'en reste pas moins une des invasions parasitaires abaissant encore le rendement des champignonnières. Dans le but de compléter les recherches antérieures, nous avons repris une étude générale, biologique et expérimentale sur la môle et sur les moyens de la combattre.

Dans la présente Note, nous ferons connaître la première partie de nos résultats ayant trait à la morphologie interne du Champignon de couche parasité.

Nous avons pu réaliser une documentation micrographique ayant trait aux divers stades de l'envahissement du mal et aux perturbations qu'il provoque.

Le genre *Mycogone* prélevé à la surface externe d'un champignon malade, ou développé dans les divers milieux usuels utilisés pour la culture pure des champignons, se présente sous forme de filaments cylindriques, courts et cloisonnés, donnant naissance à leur extrémité à une chlamydospore. Dans les mêmes conditions, le genre *Verticillium* forme des hyphes longs, grêles et ramifiés se terminant par une spore allongée (Costantin). Si l'on procède à une coupe à l'intérieur d'un Psalliote parasité, on s'aperçoit que les aspects ci-dessus ont subi des modifications importantes, surtout en ce qui concerne le *Mycogone*.

En effet, les filaments de ce dernier parasite présentent à l'intérieur de l'hôte des déformations caractéristiques : ils s'allongent dans de notables proportions, émettent des protubérances en forme de hernies, de suçoirs, qui compriment et perforent ensuite les cellules du faux tissu de l'hôte. Ces filaments se terminent en forme de massues, de sphères, de spatules, qui peuvent proliférer à leur tour, donnant de nouveaux hyphes aux aspects les plus variés, mais qui tendent toujours à une destruction du faux tissu. Le mycélium parasite, qui a une turgescence très prononcée, parcourt d'abord le champignon longitudinalement, mais ne tarde pas à progresser dans tous les sens, formant des sinuosités, des repliements, etc.

C'est à ce comportement interne et si spécial du *Mycogone*, que sont dues les modifications morphologiques externes les plus diverses caractérisant la maladie. Les gibbosités de la fructification du Psalliote, les protubérances, les déformations de tous genres correspondent à une invasion et à une dilatation plus ou moins marquées des filaments parasites. Nous avons pu constater, en effet, dans des champignons où une moitié du pied était saine, alors que la région voisine était parasitée, des filaments de

môle présentant les aspects déjà indiqués, et où les hyphes parasites étaient presque tous incurvés vers l'extérieur; cette direction se traduisait par un mouvement parallèle à la surface externe, causant ainsi une asymétrie du pied qui présentait une sorte de tumeur sur le côté malade.

Dans les champignons très déformés, le mal est à son apogée, le Psalliote perd sa consistance solide; l'intérieur du champignon devient brun noirâtre, les filaments parasites sont enchevêtrés les uns dans les autres. Les cellules du faux tissu sont écrasées, déchiquetées, leur contenu se répand alentour et exsude même à l'extérieur sous forme de gouttes brunâtres qui sont le siège d'un envahissement bactérien intense, aboutissant enfin à une pourriture du périthèce accompagnée de la production d'une odeur fétide caractéristique. Avant d'arriver à ce stade terminal, on voit se former à l'intérieur du chapeau et surtout du pied, des cavités tapissées de spores. Ces poches sont dues à une destruction très prononcée des cellules du Psalliote; les filaments parasites se trouvent alors à l'air libre où ils peuvent sporuler. Les lamelles hyméniales contaminées ont un comportement différent; c'est à leur intérieur que semble se localiser le *Verticillium* qui, par la suite, est associé au *Mycogone*. Les filaments du *Verticillium*, dressés ou repliés, progressent parfois sinueusement dans les lamelles mais ne provoquent pas les déformations si typiques de leur associé; ils ne tardent pas à sortir des lamelles hyméniales pour sporuler. Cette sortie a lieu soit à l'extrémité des lamelles, soit au point de jonction de deux d'entre elles, au-dessous du chapeau (présence d'air libre). Lorsque les lamelles sont très rapprochées, ce qui est fréquent chez les champignons atteints, on voit des paquets de filaments transversaux passer directement d'une lamelle dans la voisine. Le parasitisme apporte donc une perturbation profonde dans les éléments de l'hyménium : parfois les basides s'allongent, se terminant en forme de fourche ou de crosse. Dans d'autres cas, les éléments hyméniaux ne paraissent pas se différencier et, au lieu de demeurer parallèles, ils sont enchevêtrés et rabattus. Les basides sont presque toujours stériles; toutefois, nous avons pu observer des formations, très rares, de basidiospores, qui étaient soit déformées et atrophiées, soit au contraire hypertrophiées. Les lamelles hyméniales sont généralement très courtes, ondulées dans le sens de la longueur et de la hauteur; réduites aussi, dans d'autres cas, à des côtes élargies formant de légères saillies à la face inférieure du chapeau. Il est intéressant de souligner que ces déformations, si diverses de l'hyménium peuvent se produire sans que l'on puisse déceler, au début du mal, la présence très proche d'un filament parasite.

Cette étude de morphologie interne sera complétée par une étude cytologique afin de déterminer quelles sont les modifications apportées dans la structure cellulaire par le parasitisme. Il est toutefois possible d'affirmer que la môle ne semble pas produire une multiplication cellulaire, ce qui a lieu dans les plantes supérieures parasitées. Le Psalliote réagit contre l'invasion du mal par une défense que nous indiquerons ultérieurement.

CYTOLOGIE. — *Contribution à la recherche de la vitamine* A *dans les cellules animales et végétales*. Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous donnons au terme vitamine A son sens le plus général, celui qui lui a été attribué par Mme Randoin et Netter [1]. La vitamine ainsi définie comprend les carotènes $C^{40}H^{56}$ et la vitamine proprement dite $C^{20}H^{30}O$; son réactif est le trichlorure d'antimoine en solution chloroformique (réaction de Carr et Price). La vitamine A donne avec ce réactif une coloration bleue. L'intensité de la coloration permet d'apprécier, approximativement, la teneur en vitamine A du milieu traité. Nous avons tout d'abord étudié l'action du réactif sur un type cellulaire dont les divers constituants cytoplasmiques sont bien connus, le type sporozoaire. Cette première étude ayant permis de constater que la réaction bleue se trouve localisée aux éléments du chondriome, nous avons cherché à savoir si le caractère mis en évidence présentait une grande généralité. A cet effet, les types cellulaires les plus variés du règne animal et du règne végétal ont été étudiés; leur liste a été donnée précédemment [2].

Pour chacun des types cellulaires étudiés les images du chondriome ont été déterminées, préalablement, soit par les méthodes classiques, soit par les méthodes nouvelles que nous avons préconisées [3], parfois par les deux catégories de méthodes. Dans chaque cas, nous avons constaté que la réaction caractéristique de la vitamine A se réalise sur les éléments du chondriome de la cellule. L'intensité de la coloration bleue qui apparaît dans les chondriosomes est variable suivant les cellules. Elle est particulièrement intense sur le chondriome des cellules hépatiques, elle est faible sur

---

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 16, 1934, p. 581.

(2) Ph, Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1159.

(3) Ph. Joyet-Lavergne, *La Cellule*, 63, 1934, p. 45.

le chondriome des cellules de la glande salivaire de *Chironomus*. Entre ces deux extrêmes on trouve diverses gammes d'intensité de coloration parmi les cellules animales et végétales examinées.

Pour savoir si le caractère du chondriome, ainsi mis en évidence, se conserve aux diverses phases de la vie cellulaire, trois espèces de Protozoaires ont été étudiées au cours de leur croissance et de leur reproduction. La Coccidie *Aggregata eberthi* présente au cours de sa vie deux phases bien différentes : la phase gamogonique qui s'accomplit dans le corps de la Seiche et la phase schizogonique qui se passe chez le Crabe. Les diverses étapes de la croissance ont été suivies dans le gamonte et dans le schizonte. Les Grégarines *Steinina ovalis* et *Gregarina polymorpha* ont été étudiées au cours de la croissance et des manifestations de la sexualité. A toutes les étapes et pour chacune de ces trois espèces, la réaction de la vitamine A sur les éléments du chondriome s'est montrée nette. Ainsi, malgré les modifications profondes de la vie cellulaire, le chondriome conserve sa vitamine A. Cette substance est donc un constituant essentiel du chondriome.

La localisation de la vitamine A sur le chondriome est un phénomène général, toutefois le chondriome n'est pas le seul constituant cellulaire qui présente de la vitamine A décelable par la méthode indiquée ci-dessus.

En dehors du chondriome on trouve aussi de la vitamine A dans le cytoplasme des cellules du foie des Poissons de mer (Sole, Plie, Congre) sous forme de masses de réserves à contours mal délimités. L'étude de la cellule hépatique de la Plie montre que ces masses de réserve sont placées, très fréquemment, au contact des chondriocontes. La réaction au trichlorure fait apparaître des taches d'un bleu pâle qui semblent continuer la zone d'un bleu net marquant la vitamine A du chondrioconte. Ces images permettent de suposer que le chondriome joue un rôle dans la genèse de la vitamine A de réserve.

Il n'existe pas de vitamine A dans le noyau sauf quand cet organe possède un nucléole. Dans ce cas, qui est fréquemment réalisé chez *Aggregata eberthi*, le nucléole présente la réaction de la vitamine A. Il est rationnel de rattacher ce fait à l'existence des affinités qui existent entre le nucléole et le chondriome, affinités que nos recherches antérieures avaient pu mettre en évidence : « le nucléole et le chondriome présentent entre eux non seulement des rapports d'échanges... mais aussi une certaine parenté chimique » ([1]).

([1]) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, 88, 1928, p. 567.

La réaction que nous avons utilisée ne permet pas de distinguer le carotène $C^{40}H^{56}$ de la vitamine proprement dite $C^{20}H^{30}O$, mais si nous rapprochons nos résultats de ceux que Guilliermond (1) a obtenus dans ses recherches sur la carotine, nous sommes amené à penser que dans les cellules végétales la vitamine du chondriome est représentée par $C^{40}H^{56}$ tandis que dans le chondriome des cellules animales elle serait représentée par $C^{20}H^{30}O$. Nous pensons que la genèse de la vitamine A, $C^{20}H^{30}O$, à partir du carotène, se réalise dans le chondriome.

ZOOLOGIE. — *Sur un cas de gynandromorphisme chez un hybride de Gryllides* [♀ (Achæta bimaculata-campestris) × ♂ A. bimaculata]. Note de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. M. Caullery.

On a signalé de nombreux cas de gynandromorphisme chez les Insectes, mais peu parmi les Orthoptères. En 1923, P. Cappe de Baillon (2) (*Recherches sur le gynandromorphisme*) signalait seulement 7 individus gynandromorphes connus dans la famille des Phasgonurides. Chez les Gryllides, on ne connaît que les exemplaires décrits par F. Omachi (3), et je ne connais aucun cas chez les *Achæta*. Je n'ai rencontré cette anomalie sexuelle qu'une seule fois, parmi une dizaine de milliers d'Achæta obtenus par élevage. Elle est apparue dans la descendance d'un couple ♀ *hybride* × ♂ *A. bimaculata*. Cette femelle hybride provenait du croisement ♀ *bimaculata* × ♂ *campestris*.

Exclusion faite de détails particuliers d'ornementation, ce gynandromorphe a le faciès général d'une femelle. Sa taille dépasse légèrement la moyenne. Les élytres ont les proportions relatives de ceux des femelles. Les caractères de gynandromorphisme portent sur la nervation de l'élytre droit et sur la structure des valvules droites de l'oviscapte.

Caractères de l'élytre. — La nervation de l'élytre droit présente une sorte de mosaïque de caractères mâles et femelles. Une ligne oblique délimite approximativement la nervation caractéristique de chaque sexe. Toute la partie comprise entre l'angle huméral de l'élytre et les deux tiers du bord interne de celui-ci est femelle; par contre, le bord externe de l'élytre et toute sa partie apicale présentent des caractères mâles. De ce fait, on observe un tympan, dont la structure chitineuse et la posi-

(1) *Rev. gén. Bot.*, 31, 1919, p. 372.
(2) *La Cellule*, 34, 1923, p. 71-127.
(3) *Proc. Imp. Ac. Tokyo*, 2, 1926, p. 554-558, et 5, 1929, p. 370-373.

tion sont en tous points comparables aux organes correspondants d'un mâle normal. Seule la nervure centrale du tympan est, ici, bifurquée du côté externe au lieu d'être simple. En arrière du tympan, le réseau losangique de nervures est également de caractère mâle.

Caractères des pièces génitales chitinisées. — La mosaïque sexuelle est également apparente dans l'armature génitale. Extérieurement, l'oviscapte a une insertion légèrement dissymétrique. Vu de la face dorsale, il apparaît refoulé sur la gauche, c'est-à-dire du côté femelle.

Les deux valvules dorsales sont représentées et de forme normale. Les deux valvules ventrales sont inégales. Celle de gauche se termine par la différenciation apicale caractéristique. Celle de droite, au contraire, large à sa base, s'effile rapidement et se termine par une sorte de stylet. La plaque sous-génitale est atrophiée. Au surplus, la face ventrale, au voisinage de l'oviscapte, présente une série d'excroissances pigmentées et très faiblement chitinisées, qu'on ne peut avec certitude homologuer aux pièces normales de l'armature génitale de l'un ou l'autre sexe.

Les pièces internes sont aberrantes. Leur apparence est femelle, mais l'ensemble des apophyses est plus court et plus épais que chez les femelles normales. La valvule dorsale gauche se prolonge par deux fortes pièces chitineuses, sur lesquelles s'articulent les deux apophyses perpendiculaires de la valvule ventrale gauche. La valvule dorsale droite n'a qu'une seule lame chitineuse interne, qui se termine en s'élargissant et en s'amincissant. A la valvule ventrale droite ne correspond qu'une pièce chitineuse, épaisse à sa base et qui se termine par deux apophyses de forme anormale. Quant aux parties impaires de l'armature génitale, reliant les valvules dorsales entre elles, l'apophyse médiane est excentrique, reportée à gauche; l'apophyse transversale est articulée à gauche; elle se termine en pointe, avant de rejoindre les pièces chitineuses de droite.

Les valvuves internes sont comme chez les femelles normales. Celle de gauche est plus grande que celle de droite. Deux crochets chitineux sont reliés à la valvuve interne droite par des téguments transparents. Leur forme ne permet de les homologuer qu'à des pièces rudimentaires de l'appareil copulateur mâle, notamment à la plus grande partie du pseudépiphalle et à l'apophyse latérale d'une valve supérieure.

Glandes génitales et glandes annexes. — A gauche, se trouve un ovaire normal, à droite, une glande plus petite, de nature mixte, ovaire et testicule. La partie ovarienne comprend la région supérieure et le côté interne de la glande. La partie testiculaire est située en bas et du côté externe de cet ovotestis. A l'ovaire gauche correspond un oviducte normal, à l'ovotestis droit, un canal évacuateur grêle et court. Ces deux canaux se réunissent sous la papille séminale. Cette dernière est normale et communique avec une spermathèque bien constituée. Sous la papille séminale, du côté droit, sont groupées des glandes annexes de caractère mâle, formant une houppe de tubes cylindriques et correspondant aux glandes tubulaires qui sécrètent le spermatophore. Les conduits génitaux se terminent par une chambre périvulvaire, où débouche une paire de glandes annexes particulières à la femelle. Cette chambre est anormalement dilatée à son origine et à droite.

Des coupes de l'ovotestis montrent que la partie ovarienne contient des œufs mûrs,

d'autres en cours d'évolution, d'autres, enfin, en voie de dégénérescence. Les tubes séminifères de la région testiculaire contiennent des spermatozoïdes, ou des cellules dont le noyau présente des phases de spermatogenèse. On observe de nombreuses altérations nucléaires dans les cellules sexuelles mâles ou femelles.

La vie de ce gynandromorphe a été relativement courte : 33 jours. Il n'avait aucun des instincts sexuels de l'un ou l'autre sexe. Il se montrait combatif à l'approche des mâles, comme à celle des femelles. La fécondation n'a pas été possible. Au cours de sa vie imaginale, ce Grillon n'a jamais effectué la moindre tentative de ponte.

Sans tirer de conclusions générales d'un exemple isolé, on peut noter que cet exemplaire anormal appartient à une lignée hybride.

On remarquera aussi *la correspondance topographique qui existe entre la distribution des caractères sexuels secondaires et l'emplacement des gonades mâle et femelle*. Il y a, de même, corrélation entre l'extension de ces caractères et le volume respectif des deux fractions de l'ovotestis.

PHYSIOLOGIE. — *La répartition des formes excrémentitielles du soufre dans les divers aspects du métabolisme*. Note de MM. **Émile F. Terroine** et **Robert Razafimahery**, présentée par M. d'Arsonval.

Les formes excrémentitielles du soufre, rejetées par l'urine, se répartissent en trois grands groupes : sulfates minéraux, sulfates conjugués, soufre neutre. D'innombrables travaux ont tenté d'en préciser l'origine. En bref : on admet que les sulfates minéraux proviennent de l'oxydation des protéines; on considère, le plus souvent, que le soufre neutre est la conséquence du seul métabolisme endogène; on hésite à déclarer que les corps qui se conjuguent au soufre tirent uniquement leur origine de dégradations bactériennes poursuivies dans la lumière du tube digestif ou prennent également naissance dans l'intimité de l'organisme. Nous avons cru devoir reprendre l'étude de la physiologie du soufre dans les aspects essentiels du métabolisme; et cela en prenant pour base, ce qui n'avait donné lieu jusqu'ici à aucune étude systématique, la dépense endogène minima azotée et sulfurée, dépense atteinte par l'octroi d'un régime glucidique, privé à la fois d'azote et de soufre.

Nous ne pouvons songer à donner ici que les conclusions essentielles de ce travail dont la bibliographie, la technique et les résultats expérimentaux seront consignés dans de prochains mémoires.

I. *La répartition du soufre urinaire total en ses formes acide et neutre.* — Placés au niveau minimum du métabolisme endogène, les représentants adultes des diverses espèces animales ne présentent pas tous un degré d'oxydation identique des formes usées du soufre. Chez l'homme (travaux antérieurs), le porc et le lapin, la proportion de soufre neutre atteint 30 pour 100 environ; elle atteint 50 chez le chien. Il est curieux de constater que ce classement des espèces n'est nullement le même que celui donné par Terroine, Mlles Champagne et Mourot, et fondé sur le degré d'oxydation des formes excrémentitielles de l'azote; en particulier, le lapin présente un coefficient d'oxydation protidique beaucoup plus élevé que le porc alors que tous deux font subir une même oxydation au soufre.

Lorsque, chez le porc, on remplace le régime glucidique strict par une alimentation très riche en protéines, la quantité totale de soufre neutre rejetée augmente, ainsi que l'ont déjà montré Amann et Mlle Mourot. Mais la part que prend le soufre neutre à l'excrétion sulfurée totale revenant en propre au catabolisme exogène est très faible. Le coefficient d'oxydation du soufre passe de 70, au niveau minimum de dépense, à 90.

Lorsque, chez le lapin, l'inanition complète succède à la dépense minima, le soufre neutre augmente également; l'excès est toutefois beaucoup plus faible que dans le catabolisme exogène. Ceci se comprend parfaitement, la dégradation des protéines étant portée à un niveau beaucoup moins élevé par le jeûne complet que par l'octroi d'une ration très riche en matières azotées. Ici encore, tandis que la production de soufre neutre augmente, en valeur absolue, sa proportion s'abaisse dans le soufre total.

La constatation de l'intensité plus grande de l'oxydation des déchets sulfurés chaque fois qu'un catabolisme contingent vient s'ajouter à la dépense minima nécessaire est identique à celle faite antérieurement par Terroine et Mlle Boy sur les déchets azotés et, simultanément, par Mlle Lelu, sur le noyau imidazol.

D'autre part il est très important de constater qu'au cours de la phase prémortelle de l'inanition, lors de la hausse considérable des excrétions azotée et sulfurée, la part du soufre neutre, loin d'augmenter, est restée constante chez un sujet et s'est abaissée chez les deux autres. C'est là une nouvelle preuve de l'affirmation récemment formulée par Mlle Boy : l'organisme n'a pas perdu le pouvoir d'oxyder les matériaux dont il dispose et ce n'est pas dans un amoindrissement de ce pouvoir qu'il faut chercher la cause de la mort par le jeûne.

II. *La répartition du soufre acide et l'origine des sulfo-conjugués.* —

Chez toutes les espèces étudiées (porc, chien, lapin) la présence du soufre conjugué dans l'urine persiste, même lorsque les sujets observés reçoivent depuis longtemps une alimentation strictement glucidique; la proportion en est à peu près la même chez tous, 15 pour 100 environ du soufre acide total.

La substitution, chez un porc de 115^{kg}, d'un régime très riche en protéines, entraînant une excrétion quotidienne de 62^{g} d'azote et de 3^{g} de soufre, à un régime glucidique strict au cours duquel l'animal excrète 4^{g},5 d'azote et 0^{g},6 de soufre, ne provoque qu'une augmentation insignifiante, en valeur absolue, de l'excrétion du soufre conjugué, laquelle passe de 22 à 30^{mg} par jour.

Le passage, chez le lapin, de l'alimentation glucidique l'ayant amené à son niveau minimum de dépense, au jeûne complet, entraîne une élévation marquée de la production du soufre conjugué chez les divers sujets examinés : de 2 à 15^{mg}, de 2 à 10^{mg}, de 3 à 9^{mg},2.

La persistance des estérosulfates alors que toute protéine est absente de la ration, leur élévation très faible lorsque l'alimentation est richement dotée en matières protéiques, leur accroissement important dans l'inanition; tout semble montrer qu'on ne saurait limiter la formation des corps qui se conjuguent au soufre à une unique opération bactérienne se déroulant dans la lumière du tube digestif, mais que les processus intimes doivent y contribuer pour une part plus ou moins importante.

Enfin, il convient de remarquer que, si le soufre conjugué augmente en valeur absolue, au cours de l'inanition, sa part dans le soufre acide total baisse et cela d'une manière particulièrement frappante au cours de la phase prémortelle. A aucun moment, l'inanition ne peut donc être considérée comme un état pendant lequel l'organisme voit disparaître ou s'amoindrir les facultés qu'il possède de dégrader les différentes substances que libère son catabolisme. Bien au contraire, il en est des phénols et des indols qui s'estérifient avec l'acide sulfurique tout comme des groupements azotés uréifiables (Terroine et Mlle Boy), tout comme de l'imidazol (Mlle Lelu) : la dégradation en est d'autant plus poussée qu'est plus élevée la quantité à dégrader des matériaux protéiques dont ils proviennent.

PHYSIOLOGIE. — *Le métabolisme de l'imidazol.*
Note de Mlle **Paule Lelu**, présentée par M. d'Arsonval.

Le métabolisme de l'imidazol, sur lequel on essaie de se renseigner par la mesure de l'excrétion urinaire des divers composés renfermant ce noyau, a fait l'objet de très nombreuses recherches que nous analyserons dans un travail plus étendu, mais parmi lesquelles on doit avant tout distinguer celles de Engeland, Masslow, Furth et ses élèves, Hanke et Kœssler. Il n'en reste pas moins extrêmement obscur. En particulier, faute d'expériences correctement conduites, on ne sait encore quelle est la part respective, dans le rejet urinaire de l'imidazol, des opérations endogènes et exogènes du métabolisme.

Nous nous sommes proposé de reprendre cette étude en vue d'élucider les points suivants :

1° Au niveau minimum de la dépense azotée endogène spécifique, y a-t-il un rejet constant d'imidazol ? Rapporté soit à la dépense azotée totale, soit à la fraction protéique de cette dépense (Nurée + Naminé + N de NH^3), ce rejet varie-t-il ou non avec les espèces ?

2° Lorsqu'on ajoute à la dépense azotée spécifique nécessaire une dégradation contingente, par la substitution à un régime glucidique strict, soit d'une alimentation protéique (métabolisme exogène), soit de l'inanition complète (catabolisme endogène supplémentaire), y a-t-il augmentation du rejet d'imidazol, et, si oui, dans quelle proportion et que signifie-t-elle ?

Nous donnerons dans un prochain Mémoire la description des techniques utilisées et l'ensemble des résultats expérimentaux. On trouvera ci-après, pour tous les sujets étudiés, les valeurs moyennes permettant de répondre aux questions posées.

Les réponses nous paraissent pouvoir être formulées comme suit :

1° Toute espèce animale présente une production endogène minima d'imidazol urinaire, assez élevée chez le porc et le lapin, plus faible chez le chien et le rat. L'intensité comparée de la dégradation du noyau imidazol chez les diverses espèces ne va pas de pair avec celle de l'oxydation que ces diverses espèces font subir à l'ensemble des déchets protéiques ; on sait, en effet, d'après les études de Terroine, Mlles Champagne et Mourot que, de par son coefficient d'oxydation protidique, le lapin se place en tête, distançant fortement le chien, et plus encore le porc et le rat.

2° Chaque fois qu'au métabolisme spécifique minimum, atteint par l'octroi d'un régime glucidique strict, se surajoute un métabolisme contingent (alimentation protéique ou inanition totale), l'excrétion d'imidazol augmente en valeur absolue. Dans les conditions normales, lors d'un régime alimentaire mixte, l'imidazol urinaire a donc une double origine : endogène et exogène.

Espèce animale.	N total.	Somme N Urée + NH^3 + aminé.	Imidazol.	Rapport $\frac{\text{Imidazol}}{\text{N total}}$ (× 100).	Rapport $\frac{\text{Imidazol}}{\text{Somme}}$ (× 100).
		Métabolisme endogène spécifique.			
	g	g	mg		
Porc n° 1	2,156	1,393	25,8	1,1	1,8
Porc n° 2	3,482	2,132	32,2	0,92	1,4
Chien n° 1	1,059	0,626	7,8	0,73	1,2
Chien n° 2	1,827	1,353	12,4	0,67	0,91
Lapin n° 1	0,298	0,207	4,01	1,3	1,9
Lapin n° 2	0,339	0,232	4,03	1,1	1,7
Rat n° 2	0,079	0,051	0,63	0,78	1,2
Rat n° 3	0,057	0,038	0,50	0,87	1,3
		Métabolisme exogène contingent.			
Porc n° 1	56,793	53,172	88,1	0,15	0,16
Porc n° 2	60,524	49,340	118,0	0,19	0,23
		Métabolisme contingent d'inanition.			
Lapin n° 1	1,812	1,540	6,05	0,33	0,39
Lapin n° 2	3,248	2,559	7,23	0,22	0,27

3° Si l'adjonction d'un catabolisme contingent, quelle qu'en soit la cause, endogène ou exogène, augmente l'excrétion d'imidazol en valeur absolue, elle entraîne, en revanche, une chute considérable du rapport de cet imidazol, soit à l'excrétion azotée totale, soit à la somme des produits caractéristiques du catabolisme protéique. Le second rapport, par exemple, tombe de 1,8 à 0,16 chez le porc lorsque la consommation azotée s'élève, par apport extérieur, de 2^g à 56^g, et de 1,9 à 0,39 chez le lapin lorsque cette même consommation s'élève, par suite de l'inanition, de $0^g,3$ à $1^g,8$.

Ces faits concordent pleinement avec ceux observés par Terroine et Mlle Boy pour le métabolisme azoté global : chaque fois qu'un catabolisme contingent s'ajoute au métabolisme minimum, la dégradation des substances excrémentitielles est plus poussée.

A $16^h 15^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 26 décembre 1934.)

Note de M. *C. Bedeanu*, Sur le fonctionnement d'un appareil déformant :

Page 1599, ligne 4, *au lieu de* $RV^2 = \Sigma RY_n^2$, *lire* $RY^2 = \Sigma RY_n^2$; ligne 8, *au lieu de*

$$O = \Sigma_1^{s-2} RY_n + U_n I_n \cos(\alpha_n - \gamma_n),$$

lire

$$O = \Sigma_1^{s-2} RY_n^2 + U_n I_n \cos(\alpha_n - \gamma_n);$$

ligne 5 (de bas en haut), *supprimer* p. 1; ligne 8 (de bas en haut); *au lieu de*

$$\Sigma_1^s H_s = \Sigma_1^s [U_n I_m \cos(\psi_n + \varphi_m) - U_m I_n \sin(\psi_m + \varphi_n)] = 0,$$

lire

$$\Sigma_1^s H_s = \Sigma_1^s [U_n I_m \sin(\psi_n + \varphi_m) - U_m I_n \sin(\psi_m + \varphi_n)] = 0.$$

Note de M. *Jacques Benoit*, Activation sexuelle obtenue chez le Canard par l'éclairement artificiel pendant la période de repos génital :

Page 1673, ligne 4, *au lieu de* hypothèses, *lire* hypophyses.

(Séance du 7 janvier 1935.)

Note de M. *Émile Borel*, Démonstration élémentaire de formules sur la répartition des nombres premiers :

Page 103, formule (14), *au lieu de* >, *lire* <.

(Séance du 14 janvier 1935.)

Note de M. *Pierre Jacquet*, L'adsorption de certains colloïdes par les surfaces métalliques, et son influence sur la structure des dépôts électrolytiques :

Page 227, ligne 5, *au lieu de* cuivre fondu, laminé et recuit, *lire* cuivre fondu et recuit.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JANVIER 1935.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard**, en présentant l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1935, s'exprime comme il suit :

Dans plusieurs des chapitres, des additions ont été faites, relatives au Calendrier, à la Météorologie et au Magnétisme terrestre. Quelques renseignements ont été aussi donnés sur les signaux horaires, et un résumé de Physique solaire a été ajouté. On se rappelle que, dans les années impaires, un chapitre est consacré aux données géographiques et aux statistiques démographiques, les données physiques et chimiques étant réservées aux années paires.

Le volume comprend encore deux Notices de MM. Charcot et Maurain relatives à l'*Année polaire* de 1932-1933, entreprise internationale dont l'objet principal était l'étude des phénomènes géophysiques et météorologiques dans les régions polaires, et à laquelle se sont intéressés dans notre pays l'Académie des Sciences et le Bureau des Longitudes. La première de ces Notices est consacrée à l'historique et à l'organisation matérielle, la seconde indique les études scientifiques nombreuses et variées poursuivies par la mission française au Scoresby-Sund sur la côte orientale du Groenland, où elle était installée.

On trouvera aussi dans cet Annuaire une Notice de M. Gutton, Correspondant de l'Académie, sur la propagation des ondes radiotélégraphiques autour de la Terre, dans laquelle sont élucidés, autant qu'il est possible actuellement, les difficiles problèmes que pose l'étude de cette propagation, où il y a d'ailleurs à distinguer entre les ondes longues et les ondes courtes.

Le volume se termine par les discours prononcés par M. de la Baume Pluvinel et le Général Bourgeois aux obsèques de M. *B. Baillaud* et de l'Amiral *Fournier*.

M. **Ch. Jacob** présente à l'Académie le début d'une œuvre à laquelle elle s'intéresse, la *Carte géologique de l'Algérie au* 1/500 000e; il s'agit de la Carte de *Constantine Nord* qui vient d'être publiée par le Service officiel géologique de l'Algérie dirigé par M. Betier, ingénieur en chef des Mines, avec l'aide de MM. Savornin et Dalloni, professeurs à l'Université, directeurs adjoints. Ce beau document est le premier d'une série qui doit couvrir les trois départements de l'Algérie, et qui, jointe à la carte de la Tunisie de M. Solignac à la même échelle et, il faut l'espérer, à d'autres cartes analogues à fournir par le Maroc, soulignera le splendide effort de la géologie française en Afrique du Nord.

GÉOGRAPHIE. — *Sur quelques particularités géographiques de la nouvelle frontière franco-italienne entre l'Afrique Équatoriale française et la Tripolitaine*. Note de M. **Jean Tilho**.

La nouvelle frontière entre ces deux colonies, telle qu'elle résulte des récents accords de Rome est définie dans son ensemble par une ligne droite allant du puits de Toummo au point d'intersection du parallèle 18°45′ nord et du méridien 24° est de Gr. sauf quelques inflexions au cours de la traversée du massif montagneux du Tibesti.

Cette ligne droite, longue d'environ 1125^{km}, est presque parallèle à l'ancienne frontière, dont elle est éloignée, en moyenne de 100 à 120^{km}.

L'étude géographique des régions comprises entre l'ancienne et la nouvelle ligne de démarcation nous montre tout d'abord qu'à une frontière naturelle constituée par une large bande de désert absolu supprimant toute cause de friction entre les ressortissants locaux des deux puissances, les négociateurs ont substitué une frontière artificielle découpant en deux portions une région dont l'unité géographique et ethnique est indiscutable, mais où les rivalités de clans et les traditions de vendettas et de brigandages ne manqueront pas de créer des incidents dont la gravité sera plus ou moins soulignée, suivant les dispositions des autorités locales intéressées et la cordialité des relations des gouvernements respectifs.

Géographiquement, la région concédée à l'Italie peut se diviser en trois secteurs :

Le *secteur occidental*, entre Toummo et l'extrémité nord-ouest du massif tibestien, est essentiellement désertique; pas d'oasis, seulement quelques points d'eau et de maigres ressources en pâturages; de grandes plaines sablonneuses d'où émergent de loin en loin des îlots rocheux de dimensions variables.

Le *secteur oriental*, entre le vingt-quatrième méridien et le pied de la grande chaîne orientale du Tibesti, est encore plus désertique si possible; mêmes immenses étendues sablonneuses de part et d'autre de la longue ride rocheuse de Jef jef, large d'environ 40^{km} au point où elle est franchie par la piste caravanière d'Ounianga à Koufra entre les puits de Tékro (français) et Sarra (italien) distants de 260^{km} environ.

Aucun pâturage, sinon aux deux extrémités du secteur, c'est-à-dire dans les rochers de l'Erdi oriental et aux débouchés d'enneris descendant des montagnes tibestiennes.

Dans ces deux secteurs, les agrandissements consentis à l'Italie, quelque pénibles qu'ils soient pour la liberté de nos mouvements et l'efficacité de notre surveillance, constituent un sacrifice acceptable pour satisfaire aux désirs d'expansion de nos voisins.

Mais il n'en va pas absolument de même du *secteur central*.

Celui-ci comprend en effet deux zones d'inégale importance, l'une de grandes plaines désertiques plus ou moins accidentées s'étendant au nord du massif du Tibesti, l'autre de montagnes coupées de vallées habitées par des tribus assez turbulentes. Que la première de ces zones ait été cédée à l'Italie, dans le même esprit que ci-dessus, afin de permettre à ses méharistes d'assurer plus aisément la police de la région et la sécurité des communications entre Mourzouk, Waou et Koufra, cela peut aisément se concevoir.

Mais pourquoi les négociateurs italiens ont-ils insisté pour prendre pied à l'intérieur du massif montagneux?

Pourquoi les négociateurs français ont-ils souscrit à cette hérésie géographique de partager entre la France et l'Italie une entité géographique et ethnique aussi nettement caractérisée que le territoire des Tédas-Tou?

L'Italie ne peut espérer retirer aucun avantage économique de l'annexion d'une demi-douzaine de misérables palmeraies montagnardes, incomparablement moins importantes que celles du Fezzan ou de Koufra, et habitées par quelques milliers de pillards invétérés et querelleurs, toujours en quête de mauvais coups, insaisissables dans leurs rochers et très difficiles à tenir en main.

Nous n'avons pas à discuter ici des motifs politiques. Seules les conséquences d'ordre strictement géographique sont à examiner avec soin dans cette Note.

A la ligne droite dont il est parlé plus haut, les négociateurs ont substitué une ligne sinueuse pour définir la nouvelle frontière dans sa traversée du Tibesti : il semble que leur intention, ce faisant, ait été de laisser sous la souveraineté française toute la vallée de l'enneri Bardagué-Zoumeri, y compris ses affluents de droite en amont de Bardaï, intention assurément très louable, mais dont les résultats ont été faussés en partie par la petite échelle et l'imprécision des détails de la carte dont ils se sont servis.

De telle sorte qu'il sera indispensable de laisser une assez grande marge d'interprétation de ce tracé à la future commission de délimitation au moment où elle effectuera le levé exact de la zone frontière.

Mais dès à présent, il y a deux points qui présentent des particularités géographiques sur lesquelles il est indispensable d'attirer la très sérieuse attention des milieux compétents : ce sont l'Ehi Madou et Yebbi-Souma, ainsi que le tronçon de frontière qui court entre les deux. Ce dernier aggraverait la brèche faite dans la position française au Tibesti; en effet, l'Ehi Madou n'est pas l'un des sommets de la ligne de crête de bordure de l'enneri Zoumeri, comme semblent l'avoir supposé les négociateurs, mais seulement un modeste petit piton isolé émergeant du fond même de la vallée à 3^{km} environ au nord-ouest du village de Ouonofo. De telle sorte que si mention était faite dans le texte définitif du passage de la frontière par le sommet de l'Ehi Madou, la zone italienne viendrait s'enfoncer comme un coin dans cette importante vallée de Zoumeri et intercepter ou tout au moins gêner notre ligne de transit entre Bardaï et Ouonofo, Yountiou, etc.

En second lieu, le tronçon de frontière allant de l'Ehi Madou au point de l'enneri Yebbi situé à 10^{km} en amont de Yebbi-Souma demande à être légérement rectifié vers le Nord de façon à laisser en territoire français l'unique piste praticable de Bardaï à Yebbi et à ne pas couper irrémédiablement nos communications entre la capitale du Tibesti et le peu qui nous reste de la vallée de Yebbi, vallée qui commande, il ne faut pas l'oublier, la seule route de pénétration facile du Tibesti central (maintenant mi-italien, mi-français) vers le Borkou, vers le Kanem et vers le Tchad.

Quant au point de Yebbi-Soumba, minuscule palmeraie à une vingtaine de kilomètres en aval de la grande palmeraie de Yebbi-Bou, il n'est pas possible de s'expliquer pourquoi il a été englobé dans la zone cédée à l'Italie. C'est beaucoup plus qu'une erreur géographique, beaucoup plus même

qu'une hérésie de délimitation séparant sans aucune nécessité par une frontière internationale deux villages voisins et frères; c'est une faute lourde de géographie politique, économique, militaire même, car c'est Yebbi-Souma seul, et non Yebbi-Bou, qui est la clef de la porte onvrant la route du Tchad par le col de Mohi et la vallée de Miski ! C'est à Yebbi-Souma et pas ailleurs que pourra être installé le poste de garde de cette porte et la surveillance douanière.

Car Yebbi-Bou n'est qu'un cul-de-sae difficilement accessible, la piste venant du col de Mohi passant à quelque 200^{m} au-dessus de la palmeraie, au sommet de falaises étagées en bordure de l'étroite gorge où coule la petite et courte rivière appelée Yebbigui.

Qu'un si mince détail ait échappé à nos négociateurs, c'est chose fort naturelle, car la plus récente carte du Tibesti, dressée au 1/1000000e, ne pouvait guère le représenter avec une netteté suffisante.

Si Yebbi-Souma restait définitivement hors de la zone française, il donnerait au coin italien qui va s'enfoncer dans notre secteur défensif tibestien une importance telle que, vu la répartition de points d'eau et la configuration locale de la grande chaîne, aucune surveillance efficace ne serait possible pour nos troupes, leurs communications avec Bardaï à l'Ouest et avec Miski au Sud étant matériellement impraticables.

Ce n'est évidemment pas ce qu'ont voulu les négociateurs français, n leurs collègues italiens. Et c'est pourquoi on peut espérer de leur bonne volonté réciproque, mieux éclairée grâce aux détails géographiques fournis par la présente Note, que de modestes arrangements complémentaires remettront les choses au point, avant que le Parlement ait à se prononcer sur la ratification des accords de Rome.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une remarque sur l'interaction entre la matière et le champ électromagnétique*. Note de M. **Louis de Broglie**.

Une des principales difficultés rencontrées par la théorie actuelle des interactions entre la matière et le champ électromagnétique est que l'énergie d'un électron, même au repos, y est infinie. La raison s'en trouve dans l'impossibilité d'attribuer à l'électron, dans le cadre des conceptions quantiques, une structure spatiale qui permette de définir un élément analogue au « rayon de l'électron » de la théorie classique. Nous voudrions indiquer ici brièvement une suggestion qui serait peut-être susceptible d'améliorer cette situation.

L'interaction entre un champ électromagnétique et une charge électrique s'exprime toujours dans les équations par des termes de la forme ρV qui sont le produit de deux grandeurs dont l'une dépend de l'état du champ électromagnétique et l'autre de l'état de la charge électrique. Dans les conceptions actuelles, la grandeur V devra être considérée comme une fonction des coordonnées x, y, z caractérisant le champ électromagnétique (coordonnées du photon dans une théorie des photons) tandis que la quantité ρ est au contraire une fonction des coordonnées X, Y, Z de la charge considérée, de l'électron considéré. Le terme d'interaction en question doit donc s'écrire :

$$(1) \qquad V(x, y, z)\,\rho(X, Y, Z)\,\delta(x - X, y - Y, z - Z),$$

δ étant la fonction en aiguille de Dirac. Dans la formule (1), le facteur δ est une « fonction d'application » dont le rôle est d'exprimer que le champ électromagnétique en chaque point est appliqué à l'électricité qui est en ce point. L'interaction totale s'exprimera donc par des termes de la forme

$$(2) \qquad \int dx\,dy\,dz \int dX\,dY\,dZ\,V\rho\,\delta(x - X, Y - y, z - Z) = \int V(x, y, z)\,\rho(x, y, z)\,dx\,dy\,dz.$$

De même, pour traduire la création d'un champ électromagnétique par une charge électrique, on aura par exemple, dans le cas statique,

$$(3) \qquad \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = \rho(x, y, z) = \int \rho(X, Y, Z)\,\delta(x - X, y - Y, z - Z)\,dX\,dY\,dZ.$$

Dans le cas d'un électron ponctuel, cette équation de Poisson nous fournit la relation bien connue en e/r qui devient infinie pour r tendant vers zéro et correspond par suite à une énergie infinie de l'électron. Pour éviter cette conclusion inadmissible, la théorie classique attribuait à l'électron des dimensions finies et introduisait ainsi le rayon de l'électron. Malheureusement, il ne paraît guère possible avec les conceptions actuelles d'attribuer une structure à l'électron : aussi, les théories quantiques de l'interaction entre champ électromagnétique et matière trouvent-elles toutes (sauf toutefois la très intéressante théorie récente de M. Born) une énergie infinie pour l'électron.

Or on pourrait peut-être chercher à sortir de la difficulté en prenant comme fonction d'application du champ électromagnétique sur l'électricité, non plus la fonction δ de Dirac qui est une fonction en aiguille infiniment

fine, mais une fonction en aiguille d'épaisseur très petite, mais finie, telle par exemple que la fonction $e^{-\frac{(x-X)^2+(y-Y)^2+(z-Z)^2}{\sigma^2}}$. La grandeur σ dans cette forme de la fonction d'application est homogène à une longueur : c'est elle qui jouerait le rôle joué par le rayon de l'électron dans la théorie classique. Mais σ n'est pas un paramètre de structure; c'est un paramètre d'incertitude relative au point d'application du champ sur la charge (ou inversement). Ceci paraît beaucoup plus conforme aux conceptions quantiques que l'introduction d'un véritable rayon.

Avec l'hypothèse précédente, on aura par exemple dans le cas statique, à la place de l'équation (3), l'équation suivante :

$$(4) \qquad \frac{\partial^2 V}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}=\int \rho(X, Y, Z)\, e^{-\frac{(x-X)^2+(y-Y)^2+(z-Z)^2}{\sigma^2}}\, dX\, dY\, dZ.$$

Avec cette équation, même si l'on a affaire à une charge ponctuelle localisée en un point X_0, Y_0, Z_0 [c'est-à-dire, si l'on a

$$\rho = e\,\delta(X - X_0,\ Y - Y_0,\ Z - Z_0)],$$

tout se passera en ce qui concerne les potentiels créés par la présence de la charge comme si cette charge était répartie en volume autour du point X_0, Y_0, Z_0 suivant une loi de Gauss.

Il semble que l'on éviterait ainsi de trouver pour l'électron une énergie infinie.

BIOCHIMIE. — *Recherches sur les protéides du tissu hépatique.* Note de MM. **Charles Achard** et **Maurice Piettre.**

Plusieurs Notes ([1]) ont été consacrées à l'élaboration, par certaines cellules (cellule mammaire en période d'activité trophique), de protéines très voisines de celles du sérum sanguin. Aujourd'hui nous tentons d'aborder le contenu lui-même de la cellule et plus particulièrement les protéides complexes qui en constituent le protoplasma, en commençant par la cellule hépatique.

I. Il fallait d'abord créer un nouvel outillage mécanique, car les divers broyeurs Borrel et Latapie permettent sans doute, à partir d'organes frais, d'obtenir des pulpes fines, mais sans atteindre le plus souvent les éléments

([1]) Maurice Piettre, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1414 et 1551; 199, 1934, p. 311.

histologiques. En outre, les broyeurs à billes exigent une dessiccation préalable, entraînant l'irréversibilité de certains colloïdes organiques, d'où séparation difficile ensuite.

L'un de nous, grâce à l'appui de la Caisse des recherches scientifiques, a pu réaliser un appareil spécial, appelé *histoclaste*, encore à l'étude, basé sur le principe suivant : lorsqu'on projette à froid, sous une forte pression, des pulpes en très fines veines, mises en suspension dans un volume convenable d'eau, sur une surface polie, très fortement refroidie, on accumule deux effets mécaniques se traduisant par un *éclatement des cellules et le plus souvent même des noyaux*, mettant en liberté leur contenu.

La projection est réalisée par de l'air comprimé à 3 ou 4^{kg}, préalablement refroidi, forçant la pulpe à traverser des filières ou des trémies métalliques spéciales et à se répandre en jets plus ou moins fins suivant les cas.

L'éclatement des éléments histologiques est complété par une congélation brutale sur la paroi de choc refroidie à — 30° par un mélange d'acétone et de CO^2 solide.

II. Voici la technique appliquée plus spécialement au tissu hépatique, mais déjà essayée sur d'autres organes.

Sur des foies de bœuf pris, encore chauds, aux abattoirs parisiens, on prélève le lobule de Spiegel, et le débarrasse aussi bien que possible du sang par injection d'eau distillée dans les gros vaisseaux et pressions consécutives. On le découpe en lames, en éliminant les parois vasculaires et on le réduit en pulpe au broyeur Latapie.

100^g de pulpe, additionnée de son poids d'eau, sont mis 12 heures à 0° et agités. La masse devient homogène, pâteuse, après absorption de toute l'eau. On passe à l'histoclaste et lave avec 50$^{cm^3}$ d'eau distillée. Par centrifugation, on sépare une liqueur rougeâtre et un culot qui est soumis à un deuxième éclatement.

Les liqueurs et eaux de lavage réunies, formant un volume d'environ 300$^{cm^3}$, à réaction acide ($pH = 5,54$), représentent l'extrait aqueux hépatique.

Le résidu grisâtre contient les protéides non dispersés dans l'eau, agglomérés en petits floculats en raison de la réaction acide indiquée plus haut ; presque tous les noyaux cellulaires ont disparu dans le traitement mécanique. Un épuisement par les solutions neutres (NaCl à 8,5, 12 et 16 pour 1000) n'enlève rien d'appréciable.

Les solutions acides (HCl N/10) agissant à 0° dispersent un protéide

blanc légèrement grisâtre, à teneur assez faible en P, se comportant comme les globulines et qui, reprécipité par les bases, lavé, séché sur vide sulfurique, est alors débarrassé, par les solvants organiques, de petites quantités d'acides gras qui l'accompagnent. Il reste enfin un bloc de nucléoprotéides complexes retenant une proportion abondante de lipides phosphorés (33 à 44 pour 100), qu'on enlève à l'éther puis à l'acétone.

III. Nous donnons les principaux résultats analytiques, rapportés à 100^g de pulpe initiale de foie.

L'*extrait aqueux* varie assez largement suivant les foies, sans doute en raison de l'état d'alimentation des animaux avant abatage.

Variations extrêmes pour six foies :

Matières sèches...............	6^g,9 à 12^g,38
Cendres......................	0^g,303 à 0^g,78

Parmi les substances minérales, le dosage pondéral du chlore a montré une très grande pauvreté en chlorures, même < 0,085 (NaCl), de même pour les phosphates minéraux (0,078 et < en P).

Les hydrocarbones sont représentés par des traces de glycogène, la très grande majorité ayant été hydrolysée ou transformée en acide lactique, au cours des manipulations conduites cependant aux environs de 0°, en chambre froide.

Traces de matières grasses mais abondance d'acides amidés.

La séparation des protéines représentant la presque totalité de l'extrait aqueux a été faite à l'aide de deux techniques, appliquées successivement :

1° *Cryo-concentration* [1] (congélations et décongélations successives) qui flocule les plus grosses micelles de globuline;

2° *Technique à l'acétone* conduisant à l'isolement de l'albumine (0^g,7 à 1,8 pour 100).

Ces deux protéines, légèrement colorées en rouge par adsorption pigmentaire, différentes de celles du sérum, ont la composition élémentaire moyenne suivante :

Globuline %.					Albumine %.				
C.	H.	N.	S.	Fe.	C.	H.	N.	S.	Fe.
53,6	7,7	15,4	0,9	0,015	52,1	7,4	15,5	0,9	0,01
					52,2	7,3	15,75	0,89	–

(1) MAURICE PIETTRE, *Introduction aux techniques de conservation des denrées périssables* (*technique frigorifique*), 1934, p. 169 à 176. Paris.

La masse des *protéides plus condensées*, non dispersées dans H^2O et mélangées de lipides, se répartit ainsi, pour 100 de matière séchée sur vide sulfurique; après séparation, protéides et lipides sont caractérisés par leur teneur en P :

	Moyennes.	P %.
	g	g g
Protéide soluble dans les acides étendus à froid.	18	0,45 à 0,51
Acides gras cristallisables	1,5	– –
Nucléoprotéides complexes	48	1,24 à 1,51
Lipides phosphorés	31	0,34 à 0,56

Conclusion. — Par un simple moyen mécanique, associé aux basses températures, on peut donc faire éclater les cellules et même les noyaux, et mettre leur contenu au contact de l'eau. L'étude du protoplasme est ainsi devenue accessible aux recherches chimiques, physiques et biologiques. En ce qui concerne les protides de la cellule hépatique, ces premières recherches ont montré une proportion importante d'acides aminés, l'absence de protéines sériques, et la présence d'une substance protéique phosphorée du type globuline, dont l'étude reste à faire.

Il semble également possible d'entrevoir des applications intéressantes de cette nouvelle technique, dans le vaste domaine de l'opothérapie.

GÉODÉSIE. — *Appui donné à la Géodésie par le Gouvernement des États-Unis de l'Amérique du Nord.* Note de M. **William Bowie**.

Le *Coast and Geodetic Survey* a accompli depuis plus d'une centaine d'années des travaux géodésiques qui constituent une partie de ses attributions normales. Primitivement, sa tâche principale était d'effectuer des triangulations le long des côtes pour servir de canevas aux cartes hydrographiques. Plus tard, ce Service du Gouvernement s'occupa de remplir un programme d'extension des grands arcs de triangulation à l'intérieur du pays. Pendant bien des années, il se produisit de la part des ingénieurs peu de demandes de renseignements relatifs aux résultats des opérations géodésiques, mais, récemment, l'intérêt manifesté à cette œuvre s'est considérablement accru. Aussi le Gouvernement a-t-il fortement soutenu ces travaux. On s'en rend compte en constatant les progrès accomplis dans ces dernières années. Par exemple, en 1930, les chaînes du réseau géodésique national atteignaient une longueur totale de 28 000 milles. A présent, elles atteignent 56 000 milles. En 1929, il existait 56 000 milles de lignes de nivellement,

tandis que maintenant il y en a environ 172000. Ainsi, les quatre dernières années ont ajouté au réseau autant de triangulations qu'il en avait été fait dans le siècle précédent et l'accroissement du nivellement s'est élevé au double des nivellements effectués avant 1929.

Il est très heureux que l'intérêt croissant pour les travaux géodésiques se soit manifesté antérieurement à l'époque à laquelle le Congrès des États-Unis a voté des fonds pour l'exécution de grands travaux publics afin de remédier au chômage. En raison de cet intérêt, le Gouvernement a reconnu les opérations de levés comme étant une œuvre publique importante, et a fait, en conséquence, de sérieuses allocations de fonds pour les poursuivre. Il y a maintenant sur le terrain 51 détachements de triangulation et 76 détachements de nivellement appartenant au Coast and Geodetic Survey. Par mois, approximativement 2000 milles de chaînes s'ajoutent au réseau géodésique et 12000 milles de lignes au réseau de nivellement.

On a augmenté considérablement le nombre des mathématiciens et calculateurs employés à la compensation des observations de campagne et à la préparation des impressions. Il y a maintenant plus de 200 personnes travaillant au *Coast and Geodetic Survey*.

Les projets actuellement en cours pour les opérations géodésiques comportent l'établissement de chaînes de premier ordre et de lignes de nivellement de premier ordre, à des intervalles de 100 milles. Dans les zones intermédiaires, des chaînes de second ordre et des lignes de nivellement seront espacées de 25 milles. Les règles adoptées pour ces opérations géodésiques sont celles fixées par l'Association internationale de Géodésie.

A vrai dire la triangulation de second ordre du *Coast and Geodetic Survey* est plus dense qu'il ne serait nécessaire pour satisfaire à ces règles internationales. Les instruments et méthodes employés sont les mêmes que pour le premier ordre. Les seules différences sont : l'erreur maximum de fermeture acceptable pour un triangle est plus grande que dans la triangulation de premier ordre; une chaîne peut plus fréquemment se composer de simples triangles.

Le nivellement de deuxième ordre est exécuté avec les mêmes instruments et méthodes que celui du prémier ordre, mais on ne nivelle chaque ligne que dans un sens, à moins que le circuit dont elle fait partie n'ait pas une erreur de fermeture inférieure à la limite fixée. Dans ce cas on effectue un second nivellement de la ligne.

Les autres opérations géodésiques entreprises maintenant sont des déterminations astronomiques de latitude, longitude et azimut en des points

de Laplace, utilisés dans la compensation de la triangulation; des mesures de bases fournissant des contrôles pour les longueurs des côtés des triangles; enfin des déterminations de l'intensité de la pesanteur.

La triangulation et le nivellement fournissent, on le sait, le canevas de la topographie. Il est permis de penser qu'un programme d'achèvement de la carte topographique des États-Unis sera suivi très prochainement. Des cartes topographiques existent pour la moitié de la surface des États-Unis, mais la moitié au moins de ces cartes sont si périmées qu'elle devraient être refaites.

En dressant le programme des travaux de toute nature à poursuivre dans notre pays, le Gouvernement doit posséder la connaissance du terrain fournie par les cartes topographiques. De telles cartes sont d'une importance vitale pour le développement normal d'un pays.

M. **P.-A. Dangeard** présente les fascicules I à VI de la 26[e] série de la Revue *Le Botaniste* qu'il dirige; le volume contient 700 pages et 52 planches : il renferme, avec ses travaux personnels, un certain nombre de Mémoires dus à différents collaborateurs et élèves.

ÉLECTIONS.

M. **Albert Francis Blakeslee** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Chodat* décédé, par 44 suffrages contre 1 à M. *F. Went*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Amiral Violette. *La Géométrie et les instruments d'optique*. Complément : *Les correcteurs*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Solution générale de l'équation de Chapman.* Note [1] de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Hadamard.

Soit V un domaine de l'espace à ν dimensions. L'équation de Chapman relative à V est

$$(C)\qquad F(M, s; P, t) = \int_V F(M, s; Q, u)\, F(Q, u; P, t)\, dQ \qquad (s < u < t).$$

Cette équation a été rencontrée dans l'étude du *mouvement brownien*, puis dans la théorie des *probabilités en chaîne*. De plusieurs côtés ont été publiées *des* solutions, de formes diverses, de cette équation.

Nous allons indiquer la forme de *la* solution de cette équation qui est *la plus générale* de celles des solutions qui sont, pour chaque couple fixe de valeurs de s et de $t (s < t)$, de carrés doublement sommables sur V. Le raisonnement à faire est presque immédiat. Il suffit d'appliquer aux solutions cherchées de l'équation de Chapman les propriétés générales, que nous allons résumer, des fonctions de carrés doublement sommables.

Une fonction $f(M, P)$ est de carré doublement sommable sur V quand l'intégrale $\int_V \int_V f^2(M, P)\, dM\, dP$ est finie.

Si $X_1(M)$, $X_2(M)$, ... est l'un quelconque des systèmes orthonomés et complets sur V de fonctions de carré sommable sur V, on peut former une série double

$$\sum_{jk} f_{jk} X_j(M) X_k(P),$$

qui converge vers $f(M, P)$ en double moyenne quadratique. C'est-à-dire que

$$(1)\qquad \int_V \int_V \Big[f(M, P) - \sum_{\substack{j \leqq n \\ k \leqq p}} f_{jk} X_j(M) X_k(P) \Big]^2 dM\, dP$$

tend vers zéro avec $1/n + 1/p$. Et l'on écrit

$$(2)\qquad f(M, P) \approx \sum_{jk} f_{jk} X_j(M) X_k(P).$$

Enfin, on a

$$(3)\qquad \int_V \int_V f^2(M, P)\, dM\, dP = \sum_{jk} f_{jk}^2.$$

---

[1] Séance du 21 janvier 1935.

Si $g(M, P)$, $h(M, P)$ sont aussi deux fonctions de carrés sommables, si g_{jk}, h_{jk} sont les coefficients de leurs développements, et si

$$f(M, P) = \int_V g(M, Q)\, h(Q, P)\, dQ, \tag{4}$$

on a

$$f_{jk} = \sum_i g_{ji} h_{ik}. \tag{5}$$

Il suffit maintenant d'appliquer ces résultats généraux pour voir que *la solution la plus générale de l'équation* (C), dans la famille des fonctions de carrés doublement sommables sur V, s'exprime ([1]) par un développement en double moyenne quadratique

$$F_0(M, s;\, P, t) \approx \sum_{jk} \gamma_{jk}(s, t)\, X_j(M)\, X_k(P) \qquad (s < t), \tag{6}$$

où les fonctions $\gamma_{ik}(s, t)$ *sont les solutions les plus générales* — parmi celles pour lesquelles la série double $\sum_{jk} \gamma_k^2(s, t)$ est convergente — *de l'équation fonctionnelle*

$$\gamma_{jk}(s, t) = \sum_{i=1}^{i=+\infty} \gamma_{ji}(s, u)\, \gamma_{ik}(u, t) \qquad (s < u < t). \tag{I}$$

On voit qu'on a ainsi ramené l'équation de Chapman (C) à une équation fonctionnelle (I) de forme tout à fait analogue mais de type plus simple. Car les deux *points* variables M, P dont dépendait la solution de (C) s'y trouvent remplacés par deux indices *entiers* j, k dont dépend la solution de (I) et le rôle de l'*intégration* dans (C) est tenu dans (I) par une *sommation*.

([1]) A vrai dire, la fonction F_0 ainsi obtenue sera seulement solution de l'équation obtenue en remplaçant dans l'équation de Chapman le signe $=$ par le signe $\approx$. Mais si F_1 est une solution de l'équation de Chapman elle-même, alors parmi les solutions obtenues figurera une fonction F_0 telle que $F_1 = F_0 + \theta$ avec $\int_V \int_V \theta^2\, dM\, dP = 0$. Et si, par exemple, F_1 est une fonction *continue* de M et de P, on obtiendra F_1 à partir de F_0, au moyen de l'égalité

$$F_1(M', s;\, P', t) = \lim_{\substack{v \to M' \\ w \to P}} \frac{\int_v \int_w F_0(M, s;\, P, t)\, dM\, dP}{\int_v \int_w dM\, dP}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Application de la théorie des fonctions moyenne-périodiques à la résolution des équations de Fredholm-Nörlund.* Note de M. **Jacques Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

Nous reprenons les notations employées dans deux Notes antérieures [1]. Nous avons appelé les équations de Fredholm-Nörlund les équations intégrales linéaires de la forme

$$\partial_x[f(\xi)] \equiv \int_0^a \mathrm{K}(\xi) f(x+\xi)\, d\xi = \varphi(x). \tag{1}$$

Le noyau $\mathrm{K}(x)$ défini dans l'intervalle (O, a) est supposé à variation bornée dans cet intervalle, $\mathrm{K}(\mathrm{O}+\mathrm{O})$ et $\mathrm{K}(a-\mathrm{O})$ n'étant pas nuls; de plus la partie continue de $\mathrm{K}(x)$ doit être absolument continue. Les fonctions f et φ sont à variation bornée dans tout intervalle fini.

On peut, pour résoudre ces équations, se placer à deux points de vue. Tout d'abord, remarquant que la fonction inconnue $f(x)$ est évidemment déterminée à une fonction moyenne-périodique près, on peut chercher à former une solution particulière, analogue à la somme de Nörlund pour les équations aux différences finies; c'est ce que nous avons fait précédemment [2]. La formation de cette solution particulière exige d'ailleurs un certain nombre d'hypothèses supplémentaires; la fonction donnée φ doit être dérivable jusqu'à un certain ordre, et ses dérivées doivent remplir une condition d'uniforme convergence pour les valeurs infinies de la variable. Nous allons ici envisager le problème comme un problème de prolongement; nous supposerons que la fonction inconnue $f(x)$ nous est donnée dans un intervalle de longueur a, par exemple, pour $0 \leqq x \leqq a$. Nous nous proposons de la déterminer pour toutes les valeurs de la variable.

Nous poserons, comme nous l'avons toujours fait,

$$\mathrm{A}(z) = \partial_0[e^{z\xi}],$$

et nous supposerons que l'origine n'est pas un zéro de cette fonction entière, et que ses zéros $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$ sont simples, afin de réduire l'écriture. On peut alors énoncer le théorème suivant :

Si l'équation (1) *a une solution prenant les valeurs données dans l'intervalle* (O, a), *cette solution est unique, son expression est donnée dans l'inter-*

---

[1] *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 330 et 535.

[2] *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 535.

valle $(u, u+a)$, *u désignant un nombre réel quelconque, par la série*

$$\frac{\varphi(u)}{\Lambda(0)}+\sum_n \frac{e^{\lambda_n x}}{\Lambda'(\lambda_n)}\left\{\frac{e^{-\lambda_n u}\varphi(u)}{\lambda_n}+\int_0^u e^{-\lambda_n \xi}\varphi(\xi)\,d\xi+\partial_0\left[\int_0^\xi e^{\lambda_n(\xi-\eta)}f(\eta)\,d\eta\right]\right\},$$

Sous l'hypothèse faite, cette série converge pour toutes les valeurs réelles des variables x *et* u *vérifiant les inégalités* $u < x < u+a$, *et elle a pour somme* $1/2[f(x+0)+f(x-0)]$. *On remarquera que le calcul des différents termes de cette série ne fait intervenir que les valeurs données de* $f(x)$ *dans l'intervalle* $(0, a)$; *de plus, même si l'hypothèse faite n'est pas remplie, c'est-à-dire si l'équation proposée n'a aucune solution prenant les valeurs données dans* $(0, a)$, *la série converge pour* $u=0$, *et représente* $f(x)$ *dans cet intervalle.*

Dans le cas où le noyau K a une dérivée première bornée, on peut évidemment déterminer la fonction inconnue de proche en proche, dans les intervalles

$$(0, a);\quad (a, 2a);\quad (2a, 3a);\quad \ldots;\quad (na, \overline{n+1}\,a);\quad \ldots,$$

par résolution d'une infinité d'équations de Volterra de première espèce; on peut affirmer alors que la série précédente converge et représente la solution, qui est obtenue ainsi de façon beaucoup plus directe.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation des fonctions automorphes appartenant aux groupes de genre zéro.* Note ([1]) de M. **P. J. Myrberg**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Nous avons montré ([2]) que, pour certains groupes de genre zéro auxquels conduit l'uniformisation des surfaces hyperelliptiques, on peut représenter les fonctions automorphes correspondantes par des séries et des produits non absolument convergents ayant la forme canonique simple

$$\sum \frac{A_\nu}{z-a_\nu} \quad \text{ou} \quad \prod \frac{z-b_\nu}{z-a_\nu}. \tag{1}$$

Dans ce qui suit, nous allons faire voir que notre méthode s'applique à tout groupe fuchsien de genre zéro.

Soient B un domaine fondamental du groupe considéré Γ et $x(z)$ une

([1]) Séance du 14 janvier 1935.

([2]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 730.

fonction automorphe principale correspondante. Soient $e_1, e_2, \ldots, e_N$ les points du plan des x qui correspondent aux sommets de B et λ_ν l'ordre de ramification de la fonction inverse $z(x)$ au point e_ν. Nous nous appuyons sur le lemme suivant, dont nous omettons ici la démonstration :

« Il est toujours possible de construire une surface W riemannienne algébrique de genre un ayant des points de ramification seulement audessus des poinis e_ν, et cela de telle manière que l'ordre de ramification soit un diviseur du nombre correspondant λ_ν. »

Les fonctions rationnelles de la surface W sont automorphes par rapport à un sous-groupe d'indice fini Γ'. Ce groupe fuchsien contient évidemment comme sous-groupe invariant un groupe Γ_u dont les substitutions laissent invariante l'intégrale elliptique de la première espèce, u, appartenant à la surface W. Le groupe Γ_u est un groupe fuchsoïde ; dans son domaine fondamental, composé d'un nombre infini de polygones de Γ', la fonction $u(z)$ prend exactement une fois toute valeur finie donnée.

De plus, on peut regarder le groupe Γ_u comme limite d'une suite infinie de groupes fuchsiens de genre zéro, qui sont proprement discontinus sur certaines parties de la circonférence du cercle principal. Comme on sait, les fonctions automorphes correspondantes peuvent être représentées par des expressions de la forme (1) qui sont absolument convergentes. Il en résulte, pour les fonctions automorphes du groupe Γ_u, des développements de la même forme, mais dont la convergence, cette fois, n'est pas absolue. L'ordre dans lequel il faut ranger les termes ou les facteurs s'explique aisément à l'aide du réseau des parallélogrammes du plan des u.

2. En combinant les expressions obtenues pour la fonction $u(z)$ avec les expressions connues des fonctions elliptiques, on trouve des développements de la même forme (1) qui représentent directement les fonctions automorphes du groupe Γ. En même temps, on est amené à construire une suite infinie de polygones convexes $L_1, L_2, L_3, \ldots$, intérieurs les uns aux autres, qui convergent vers la circonférence du cercle principal H de telle façon que l'on ait

$$\lim_{n \to \infty} \int_{L_n} \frac{\mathcal{F}(\zeta)}{\zeta - z}\, d\zeta = 0 \tag{2}$$

pour chaque fonction automorphe de Γ.

On arrive à une autre représentation remarquable en utilisant des fonctions thêtaelliptiques, et en les combinant avec notre fonction $u(z)$. On obtient ainsi pour chaque fonction automorphe de Γ une expression de la

forme

$$\mathcal{F}(z) = \frac{f_1(z)}{f(z)},$$

où $f(z)$, $f_1(z)$ sont des fonctions régulières à l'intérieur de H qui, pour chaque substitution $S(z)$ de Γ', vérifient une équation de la forme

$$(3) \qquad f[S(z)] = e^{a_S u(z) + b_S} f(z).$$

C'est là une généralisation nouvelle des fonctions thêta, entièrement différente de celle de Poincaré.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les matrices de la théorie du photon.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

M. Louis de Broglie a proposé ([1]) pour équation d'onde du photon, l'équation

$$\frac{1}{c}\frac{\partial \Phi_{ik}}{\partial t} = (A_1)_{ik,lm}\frac{\partial \Phi_{lm}}{\partial x} + (A_2)_{ik,lm}\frac{\partial \Phi_{lm}}{\partial y} + (A_3)_{ik,lm}\frac{\partial \Phi_{lm}}{\partial z} + 2\chi\mu_0 c (A_4)_{ik,lm}\Phi_{lm}$$

obtenue par fusion des équations de Dirac du corpuscule et de l'anticorpuscule, les $(A_p)_{ik,lm}$ ($p = 1, 2, 3, 4$) étant des matrices à 16 lignes et 16 colonnes qui ont été écrites par Louis de Broglie et J. Winter ([2]) sous la forme

$$(1) \qquad (A_p)_{ik,lm} = (A'_p)_{ik,lm} + (B_p)_{ik,lm}$$

avec

$$(A'_p)_{ik,lm} = \frac{1}{2}(\alpha_p)_{il}\,\delta_{km}, \qquad (B_p)_{ik,lm} = \frac{1}{2}(-1)^{p+1}(\alpha_p)_{km}\,\delta_{il},$$

les α_p étant les matrices de Dirac liées par les relations

$$(2) \qquad \alpha_p\alpha_q + \alpha_q\alpha_p = 0, \qquad (\alpha_p)^2 = 1 \qquad (p \neq q).$$

Les A' et les B possèdent alors les propriétés

$$(3) \qquad \left\{ \begin{array}{l} A'_i B_j = B_j A'_i, \qquad A'_i A' + A'_j A'_i = 0, \qquad B_i B_j + B_j B_i = 0 \\ (A'_i)^2 = \frac{1}{4}, \quad (B_i)^2 = \frac{1}{4} \end{array} \right. \qquad (i, j = 1, 2, 3, 4).$$

On n'a pas entre les A_p de relations analogues aux relations (2), mais

---

([1]) Louis de Broglie, *Une nouvelle conception de la lumière*, Paris 1934.

([2]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 813.

on peut chercher, en utilisant les relations (3), s'il n'existe pas entre les A_p des relations plus générales.

On trouve alors facilement :

(4) $$A_p A_q A_r + A_r A_q A_p = 0 \qquad (p \neq q \neq r),$$

(5) $$A_p A_q^2 + A_q^2 A_p = A_p \qquad (p \neq q),$$

(6) $$A_p A_q A_p = 0 \qquad (p \neq q).$$

(7) $$(A_p)^3 = A_p.$$

Les relations (4) et (5) peuvent se condenser sous la forme

$$A_p A_q A_r + A_r A_q A_p = \delta_{qr} A_p \qquad \left(p \neq \begin{cases} q \\ r \end{cases}\right).$$

De l'égalité $(A_p)^3 = A_p$ on ne peut déduire $A_p^2 = 1$ car les matrices A_p n'ont pas d'inverses, leurs déterminants étant nuls.

On pourrait se demander si les A_p sont les seules matrices satisfaisant aux relations (4), (5), (6), (7). Il n'en est rien, car si l'on pose

$$\gamma_1 = A_1 A_4 + A_4 A_1; \qquad \gamma_2 = A_2 A_4 + A_4 A_2; \qquad \gamma_3 = A_3 A_4 + A_4 A_3; \qquad \gamma_4 = A_4,$$

les matrices γ_p satisfont aux mêmes conditions que les A_p. De plus les γ_p sont telles que l'on a

$$\gamma_1 \gamma_2 - \gamma_2 \gamma_1 = A_1 A_2 - A_2 A_1.$$

Toutefois on n'a pas $\gamma_1 \gamma_4 = A_1 A_4$ ni $\gamma_1 \gamma_2 \gamma_4 = A_1 A_2 A_4$.

Les formules (4), (5), (6) et (7) permettent de rechercher facilement les combinaisons hermitiques susceptibles de représenter des grandeurs physiques.

Les combinaisons hermitiques les plus simples sont :

$$A_1 A_4 + A_4 A_1; \qquad A_2 A_4 + A_4 A_2; \qquad A_3 A_4 + A_4 A_3;$$
$$i[A_1 A_4 - A_4 A_1]; \qquad i[A_2 A_4 - A_4 A_2]; \qquad i[A_3 A_4 - A_4 A_3];$$
$$A_1 A_2 + A_2 A_1; \qquad A_2 A_3 + A_3 A_2; \qquad A_3 A_1 + A_1 A_3;$$
$$i[A_1 A_2 - A_2 A_1]; \qquad i[A_2 A_3 - A_3 A_2]; \qquad i[A_3 A_1 - A_1 A_3];$$
$$i[A_1 A_2 + A_2 A_1] A_4; \qquad i[A_2 A_3 + A_3 A_2] A_4; \qquad i[A_3 A_1 + A_1 A_3] A_4;$$
$$i[A_1 A_2 + A_2 A_1] A_3; \qquad i[A_2 A_3 + A_3 A_2] A_1; \qquad i[A_3 A_1 + A_1 A_3] A_2;$$
$$i[A_1 A_2 - A_2 A_1] A_4; \qquad i[A_2 A_3 - A_3 A_2] A_4; \qquad i[A_3 A_1 - A_1 A_3] A_4;$$
$$i[A_1 A_2 - A_2 A_1] A_3; \qquad i[A_2 A_3 - A_3 A_2] A_1; \qquad i[A_3 A_1 - A_1 A_3] A_2;$$
$$A_1 A_2 A_3 A_4 + A_4 A_3 A_2 A_1.$$

HYDRAULIQUE. — *Sur divers problèmes aux limites de la théorie des intumescences.* Note de M. **Pierre Massé**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons traité dans une Note précédente un problème mixte dans lequel on se donnait l'intumescence de débit produite en tête d'un bief indéfini ($s = 0$), supposé en régime uniforme à l'origine des temps ($t = 0$).

Les méthodes employées peuvent être étendues à divers problèmes aux limites.

I. *Réflexion des intumescences.* — On déduit de l'étude des intégrales (q) que toute propagation-amont est l'image d'une propagation-aval, deux points homologues ayant des abscisses égales et opposées, deux époques homologues correspondant au passage d'un même signal émis de la section-origine avec les célérités respectives V et V′ vers l'aval et vers l'amont, et deux débits homologues étant liés par la formule $q' = q \cdot e^{-3as}$.

La perturbation ($-q'$) peut être alors considérée comme le résultat de la réflexion de la perturbation (q) dans la section-origine. On peut ainsi traiter de proche en proche le problème des réflexions successives d'une perturbation aux deux extrémités d'un bief, étant admis que le régime préexistant est uniforme et que la totalité du débit supplémentaire est emmagasinée, ce qu'il est possible de réaliser au moyen d'un déversoir à pertuis convenablement manœuvré. On obtient en particulier la formule du régime permanent limite dans lequel $q = 0$ et $h = \mathrm{W}\frac{3ae^{-3al}}{1 e^{-3al}}e^{3as}$, W étant le volume total injecté et l la longueur du bief.

II. *Injection de débit au milieu d'un canal.* — Lorsque le débit supplémentaire est injecté, non plus en tête d'un bief, mais au milieu d'un canal indéfini vers l'aval et vers l'amont, on résout le problème en considérant deux intégrales q et q' dont la superposition produit une discontinuité dans la section d'injection. Les deux fonctions F et F′ entrant dans les intégrales se déterminent en écrivant que les discontinuités de débit et de flux d'énergie sont égales au débit et au flux d'énergie injectés. On en déduit les lois du phénomène, qui se différencie d'une propagation-aval pure et simple à cause de l'emmagasinement (temporaire ou permanent) de débit vers l'amont, d'où résulte un résidu d'intumescence plus important, de l'ordre de grandeur de $e^{-\nu t}t^{-1/2}$.

III. *Intumescences en régime permanent non uniforme.* — Un bief limité comporte presque toujours à l'aval un remous d'exhaussement, de telle

sorte que le régime antérieur à la perturbation q est permanent, mais non uniforme.

Les petites perturbations sont encore régies par une équation aux dérivées partielles linéaires et du second ordre, *mais dont les coefficients sont variables avec s*.

Les méthodes précédentes s'étendent à ce cas en considérant cette fois des solutions particulières de la forme $e^{i\omega t - i\int_0^s \psi(s)ds}$, la relation entre λ et ω étant remplacée par une équation de Riccati à laquelle doit satisfaire ψ et dont les coefficients dépendent de ω.

On retrouve des circonstances analogues à celles du régime uniforme en étudiant l'équation de Riccati autour de $\omega = \infty$. Pour cela, on pose $\mu = 1/\omega$, $\varphi = 1/\psi$, et l'on cherche des solutions de la forme

$$\varphi(x) = \mu\varphi_1(x) + \mu^2\varphi_2(x) + \mu^3\varphi_3(x) + \ldots.$$

On trouve ainsi deux développements, φ et φ', correspondant l'un à une propagation-aval, l'autre à une propagation-amont, de telle sorte que les différents problèmes aux limites se résolvent encore par la superposition de deux propagations de sens inverses. Les premiers termes des développements φ_1 et φ'_1 sont d'ailleurs égaux aux célérités V et V' des fronts d'onde.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrophotométrique du rayonnement de courte longueur d'onde de quelques étoiles.* Note de MM. **Daniel Barbier**, **Daniel Chalonge** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons décrit (¹) une méthode et un appareillage permettant de résoudre un certain nombre de problèmes de spectrophotométrie stellaire, en évitant diverses difficultés importantes rencontrées jusqu'ici. Nous venons d'en commencer l'application à l'étude des spectres continus de quelques étoiles des premiers types spectraux, entre 4500 et 3100 Å.

Le spectrographe utilisé est du même type que celui précédemment décrit, mais environ 3 fois plus lumineux. Pour réduire l'absorption atmosphérique dans l'ultraviolet, nous avons choisi comme lieu d'observation la Station scientifique du Jungfraujoch (alt. 3457^{m}, pression moyenne 505^{mm}), en Suisse. Le tube à hydrogène, toujours utilisé comme source de compa-

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2139, et *Revue d'Optique*, 13, 1934, p. 199.

raison, était placé à 600^m du spectrographe. Sa courbe de répartition énergétique pour le régime électrique employé a été déterminée à nouveau, entre 3000 et 4500 Å par comparaison avec une lampe étalon à ruban de tungstène sous enveloppe de silice fondue.

Les résultats ont tous été obtenus au cours de trois belles nuits d'observation consécutives, du 16 au 19 août 1934. Les valeurs de la densité optique de l'atmosphère pour les diverses radiations ont été soigneusement déterminées au cours de chacune des nuits d'observation en suivant les variations du spectre de Véga entre les distances zénithales 8° (passage au méridien) et 67°. Les diagrammes représentant les variations de la densité optique de l'atmosphère (pour la pression 505^{mm}), en fonction de $10^{15}\lambda^{-4}$ (où λ est exprimé en Å), pour les longueurs d'onde supérieures à 3300 Å, sont des droites ayant comme pente 0,030. Les ordonnées à l'origine de ces droites sont respectivement 0 (nuit du 16 au 17, atmosphère purifiée par les orages des jours précédents), 0,03 (nuit du 17 au 18, vent violent, quelques poussières ou cristaux de neige soulevés), 0,025 (nuit du 18 au 19).

Pour chacune des étoiles étudiées (dont la plupart sont des types A et B), la courbe qui représente la variation du logarithme de l'intensité du fond continu en fonction de λ, entre 4500 et 3100 Å, a l'allure des courbes publiées dans l'un des articles cités plus haut (1) : elle se compose en général de deux segments de droite relatifs, l'un à la région 4500-3700 Å, l'autre aux longueurs d'onde inférieures à 3700 et 3710 Å (2) qui subissent l'absorption continue de l'hydrogène. Le premier segment de droite permet de déterminer la température effective T de l'étoile (3). En admettant que l'étoile rayonne comme un corps noir de température T, on peut prolonger cette première partie de la courbe du côté des courtes longueurs

(1) *Revue d'Optique*, **13**, 1934, p. 205.

(2) La discontinuité se produit en général entre 3700 et 3710 Å, mais elle peut s'observer dès 3740 Å (ζ Oph.), ou, au contraire, pour une longueur d'onde plus voisine de la limite de la série de Balmer (3660 Å pour α Cygni).

(3) Cette température est, en réalité, relative au petit intervalle 4000-4500 Å car, entre 4000 et 3700 Å, les raies de Balmer, trop serrées, empêchent de voir le fond continu. Nous nous proposons de prolonger notre étude du côté du rouge de façon à préciser cette température si toutefois elle a un sens, c'est-à-dire si la photosphère de l'étoile rayonne comme un corps noir.

d'onde et déterminer ainsi pour chaque valeur de λ la densité optique D_λ de l'atmosphère d'hydrogène. On trouve, en général, que D_λ est une fonction sensiblement linéaire de λ :

$$D_\lambda = D_{3700} + p(3700 - \lambda).$$

Le tableau suivant résume les résultats obtenus. Les trois premières colonnes donnent respectivement le nom de l'étoile, son type spectral et sa magnitude visuelle. Les trois suivantes font connaître les valeurs de T, D_{3700} et p.

Étoile.	Type.	Mag.	T.	D_{3700}.	$p \times 10^5$.
α And..........	A_{0p}	2,2	18000°	0,35	+ 4
β Cas...........	F_5	2,4	7000	0,285	(¹)
γ Peg...........	B_2	2,9	25000	0,135	− 7
γ Cas...........	B_{0e}	2,3	16500	−0,085 (²)	+10
δ Cas...........	A_5	2,8	11500	0,49	0
α U. Mi.........	F_8	2,1	5500	0,305	−29
β Per...........	B_8	2,3	14000	0,32	− 7
η Tau...........	B_{5p}	3,0	16000	0,36	− 5
ζ Per...........	B_1	2,9	14000	0,075	− 9
ε Per...........	B_1	3,0	23500	0,09	−15
ζ Tau...........	B_{3p}	3,0	30000	0,21	−15
ε U. Ma........	A_{0p}	1,7	14500	0,55	+17
η U. Ma........	B_3	1,9	22000	0,23	− 2
ζ Oph..........	B_0	2,7	18500	0,04	0
α Aql...........	A_5	0,9	11000	0,45	(¹)
α Cyg...........	A_{2p}	1,3	12000	0,42	+13

La connaissance de résultats tels que les précédents permettra sans doute, lorsqu'elle sera étendue à un plus grand nombre d'étoiles, de préciser nos connaissances sur la constitution des atmosphères stellaires.

(¹) L'absorption n'est pas fonction linéaire de λ.

(²) Le signe − indique que la discontinuité correspond à une émission et non à une absorption : $|D_\lambda|$, qui n'est plus alors une densité optique, permet de calculer l'accroissement d'émission dû à l'hydrogène.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'électrolyse du chlorure de zinc en solution dans les mélanges d'eau et d'alcool éthylique.* Note de M. **Claude Charmetant**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai étudié l'électrolyse des solutions hydroalcooliques de chlorure de zinc à diverses concentrations en alcool; les solutions employées sont à 30^g ou 40^g de chlorure de zinc au litre, les densités de courant utilisées sont de 1, 2 ou 4 ampères au décimètre carré.

1. *Électrolyse des solutions à* 300^g *d'alcool au litre.* — Avec la densité de courant de 2 ampères au décimètre carré, il se forme à l'anode des bulles très fines de chlore qui réagissent presque complètement avec les solvants eau et alcool en formant de l'acide chlorhydrique et en oxydant l'alcool à l'état d'aldéhyde (la quantité de chlore dégagé dans l'atmosphère est négligeable). La transformation du chlore en acide est sensiblement complète : on vérifie, en utilisant la méthode Charpentier-Volhardt, qu'il y a la même quantité d'ions Cl^- en solution avant et après l'électrolyse; l'alcool est oxydé à l'état d'aldéhyde, on dose cet aldéhyde en ajoutant une quantité connue de bisulfite et en titrant en retour par l'iode : on constate qu'il s'est formé seulement 50 à 60 pour 100 de la quantité théorique d'aldéhyde. On vérifie d'autre part qu'il ne se forme point d'acide acétique.

A la cathode il se dépose du zinc en même temps qu'il se dégage de l'hydrogène; le zinc formé n'est ni très adhérent ni très compact : par frottement, il se détache facilement et tombe en poussière. On analyse le zinc en le précipitant à l'état de phosphate ammoniaco-zincique; au début de l'électrolyse le dépôt est blanchâtre : le zinc est souillé de petites quantités d'oxychlorure de zinc (1 à 2 pour 100 d'impuretés après 1 heure), puis le dépôt devient de plus en plus gris et l'analyse révèle qu'il devient de plus en plus pur en zinc (0,2 pour 100 d'impuretés après 2 heures) : l'oxychlorure est peu à peu dissous par l'acide chlorhydrique formé à l'anode et qui a diffusé vers la cathode, mais en même temps une partie du zinc déposé est attaqué par cet acide avec dégagement d'hydrogène; la teneur en acide allant en augmentant, la quantité d'hydrogène augmente de plus en plus rapidement. Le rendement du courant employé pour le dépôt de zinc va en diminuant : pour une solution à 30^g de chlorure de zinc au litre, il est d'environ 96 pour 100 après 1 heure, diminue régulièrement

et n'est plus que 75 pour 100 après 4 heures. En recueillant l'hydrogène, on vérifie que la somme

(atomes de zinc déposés + molécules d'hydrogène dégagées)

est bien égale au nombre de molécules de chlorure de zinc décomposées, calculé d'après la loi de Faraday.

Sous la densité de 4 ampères au décimètre carré les phénomènes sont les mêmes, mais les rendements en zinc sont bien plus faibles (77 pour 100 après 1 heure, 46 pour 100 après 3 heures), le zinc déposé est très pur mais aussi très cristallin. Au contraire sous 1 ampère au décimètre carré les rendements sont bien meilleurs, le zinc est très adhérent, mais n'est pas pur, il contient de l'oxychlorure (environ 5 pour 100 d'impuretés).

2. *Électrolyse des solutions à diverses concentrations en alcool.* — Tout se passe à peu près comme dans l'alcool à 300^g au litre. Pour les faibles concentrations en alcool, une petite partie du chlore formé se dégage à l'état libre dans l'atmosphère (4 pour 100 et 3 pour 100 pour les solutions à 38^g et à 76^g au litre sous 2 ampères au décimètre carré), tout le reste réagit sur le solvant comme on l'a vu précédemment; pour les concentrations supérieures en alcool le chlore passe totalement à l'état d'acide chlorhydrique, Le zinc, déposé à la cathode, bien adhérent avec des solutions peu chargées en alcool, devient de plus en plus cristallin quand la proportion d'alcool augmente : dès la concentration de 450^g au litre, le zinc se dépose en formant des arborescences qui pour la plus grande partie tombent au fond du vase à électrolyse. Les rendements en zinc sont du même ordre que pour la solution à 300^g au litre, sauf pour les fortes concentrations en alcool; on constate alors une très sensible diminution de rendement : avec 600^g d'alcool au litre sous 2 ampères au décimètre carré, les rendements en zinc sont d'environ 82 pour 100 après 1 heure, et 49 pour 100 après 4 heures.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le mécanisme de l'action de certains colloïdes dans les bains électrolytiques.* Note de M. **Pierre Jacquet**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai montré [1] que l'étude systématique de certains colloïdes hydrophiles de caractères différents (protéines, peptones, gommes et dextrine), au point de vue de leur action sur le dépôt électrolytique du cuivre, permet de

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 952; 198, 1934, p. 1313.

diviser ces substances en deux groupes bien distincts : le premier constitué par les protéines et leurs produits de dégradation (peptones), le deuxième comprenant les gommes arabique et adragante et la dextrine. Les colloïdes du premier groupe agissent énergiquement sur le dépôt électrolytique à des concentrations de l'ordre de quelques milligrammes par litre, les gommes et la dextrine ont une action beaucoup plus faible même aux concentrations élevées. Les protéines possèdent donc des propriétés tout à fait particulières qui les rendent très actives dans l'électrolyse. L'étude de l'adhérence et de la structure des dépôts électrolytiques de cuivre m'a permis de montrer que ces colloïdes sont retenus très fortement par les surfaces métalliques [1], c'est-à-dire subissent une adsorption qui doit être liée au caractère dipolaire très marqué des molécules protéiques. On peut penser qu'il se forme sur la surface du métal une couche plus ou moins épaisse de molécules protéiques; il y aurait donc à l'interface solution de protéine-métal un phénomène analogue à celui qui se produit à la limite solution de protéine-atmosphère gazeuze; on sait que dans ce dernier cas les molécule protéiques se concentrent à la surface de la solution et produisent ainsi un abaissement de la tension superficielle [2].

Les protéines et les peptones sont fixées non seulement par le cuivre mais aussi par tous les autres métaux essayés (nickel, fer, cadmium, platine). Il est par contre impossible de mettre en évidence des phénomènes analogues avec les gommes et la dextrine.

L'action des colloïdes hydrophiles sur les dépôts électrolytiques doit donc être liée à la facilité plus ou moins grande avec laquelle ces substances se fixent par adsorption sur les cristaux métalliques. Ceci est encore confirmé par le fait qu'il est possible d'obtenir dans un bain de sulfate de cuivre pur des dépôts dont la structure se rapproche beaucoup de celle du cuivre déposé en présence de protéines : il suffit d'immerger alternativement la cathode dans la solution électrolytique et dans une solution aqueuse diluée de protéine, chaque immersion étant naturellement suivie d'un lavage énergique. On obtient, dans ces conditions, des dépôts relativement brillants dont la structure, très différente de celle du cuivre normal, ressemble à celle du cuivre déposé dans un bain renfermant une quantité notable de protéine. Le courant électrique n'est donc pas indispensable pour entraîner les molé-

---

(1) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 921; **200**, 1935, p. 226.

(2) Voir par exemple Lecomte du Noüy, *Équilibres superficiels des solutions colloïdales* (*Monogr. Inst. Pasteur*, 1929).

cules du colloïde dans le dépôt, et les phénomènes d'électrophorèse n'interviennent au cours de l'électrolyse que pour modifier la concentration de la substance active au voisinage de l'électrode et aider son intégration à l'intérieur du dépôt métallique. Au contraire, dans le cas des gommes et de la dextrine, les molécules ne peuvent parvenir dans le dépôt que grâce à leur déplacement sous l'influence du champ électrique.

La présence d'une couche d'adsorption de protéines à la surface du métal peut rendre compte également de l'élévation de la surtension d'hydrogène dans les solutions acides de ces colloïdes (1) et de la diminution marquée de l'attaque chimique des métaux dans ces mêmes solutions (2).

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure fine des composantes dans l'effet Paschen-Back des multiplets.* Note de M. **Pierre Jacquinot**, présentée par M. A. Cotton.

Il a déjà été montré sur plusieurs exemples (3) que les raies possédant une structure hyperfine donnent des triplets Paschen-Back dont les composantes montrent elles-mêmes une structure fine. Un effet analogue doit exister dans les multiplets, mais aucun exemple n'en a été donné jusqu'à présent. On peut se rendre compte facilement de la raison de cette structure : il suffit de ne pas négliger, dans les champs forts, le couplage résiduel des moments L et S quantifiés séparément par rapport au champ; ce couplage n'est autre que l'interaction AM_LM_S du spin et du champ magnétique associé à L et agissant suivant sa direction moyenne, celle du champ (A, constante du multiplet). On a alors, pour le niveau, des composantes définies par $\Delta\nu = M_L\Delta\nu_n + 2M_S\Delta\nu_n + AM_LM_S$, $\Delta\nu_n$ étant l'écart normal, grand devant A. Le nombre des composantes est le même que si l'on néglige AM_LM_S, mais elles ne sont plus tout à fait équidistantes; il en résulte, pour la raie, un nombre plus grand de composantes perpendiculaires au champ, voisines les unes des autres. Par exemple, un

(1) C. Marie, *Revista del Museo de La Plata*, 17, 1910, p. 131; C. Marie et R. Audubert, *Bull. Soc. franç. des Électriciens*, 4e série, 3, 1923, p. 508; C. Marie et G. Lejeune, *J. Chim. phys.*, 22, 1925, p. 488.

(2) W. Beck et F. von Hessert, *Z. f. Elektrochem.*, 37, 1931, p. 11; M. Schunkert, *Z. f. Physikal. Chem.* A, 167, 1933, p. 19; G. Lejeune, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1396; W. Machu, *Korrosion und Metallschutz*, 10, 1934, p. 277.

(3) En particulier S. Goudsmit et R. F. Bacher, *Zeits. f. Phys.*, 66, 1930, p. 1, et E. Back et J. Wulff, *Zeits. f. Phys.*, 66, 1930, p. 31.

doublet $^2P_{1/2,3/2} - {}^2S$, dont la largeur naturelle est 3/2 A, donne des composantes perpendiculaires doubles dont la séparation est A, les deux tiers de celle du doublet. Tout ce qui précède n'est vrai que pour des champs assez intenses pour donner un effet Paschen-Back absolument complet. Le cas des champs intermédiaires a été traité complètement du point de vue de la mécanique quantique pour plusieurs espèces de multiplets par K. Darwin (¹). Les résultats concordent bien avec ceux de la théorie élémentaire pour les champs limites.

Pour pouvoir montrer commodément l'effet, nous avons choisi le doublet rouge 6707 du lithium dont la largeur est assez faible pour donner un effet Paschen-Back total et cependant assez grande pour donner une structure fine observable : la distance des raies D_1 et D_2 est de 0,144 Å, la structure fine à attendre est de 0,096 et, pour un champ de 4400 gauss, le $\Delta\nu$ du champ est environ 7 fois le $\Delta\nu$ du doublet.

La source est un tube en silice excité en haute fréquence entre électrodes extérieures disposées de telle sorte que la décharge s'effectue parallèlement aux lignes de force. Le meilleur fonctionnement a été obtenu en fondant du bromure de lithium sur la paroi intérieure et en remplissant le tube d'argon sous une faible pression. Le fonctionnement est assez difficile à obtenir stable et régulier, mais il n'est nullement perturbé par l'établissement du champ. Le champ, produit par le grand électroaimant de Bellevue, atteint 4400 gauss dans l'entrefer assez considérable nécessité par le tube et est uniforme sur un diamètre d'environ 2^{cm}.

Les clichés ont été faits dans le deuxième et le troisième ordre d'un grand réseau concave de Rowland. Les raies ont une largeur assez appréciable due en partie à la faible masse atomique du lithium, et variable d'ailleurs avec les conditions de fonctionnement du tube. Les composantes attendues ont été résolues sur plusieurs clichés. L'écart calculé est de 0,096 Å pour un champ infini ; en se reportant aux résultats de K. Darwin, on trouve, pour le champ utilisé, 0,091 Å pour la composante de plus grande longueur d'onde et 0,101 pour l'autre. La précision des mesures ne peut pas être très grande à cause de la largeur des raies, mais les écarts trouvés s'accordent assez bien avec les écarts prévus : ils sont de 0,082 ± 0,007 Å et 0,102 ± 0,005 Å, le plus grand étant bien celui de la raie de courte longueur d'onde.

(¹) *Proc. Roy. Soc.*, 118, 1928, p. 264.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'affaiblissement magnétique de la fluorescence de Te^2 et S^2.* Note de M. **Ion I. Agarbiceanu**, présentée par M. A. Cotton.

Genard ([1]) et Smoluchowski ([2]) ont montré que le champ magnétique affaiblit inégalement les différents termes *d'une même série* de fluorescence dans le cas des vapeurs de Te^2 et S^2, ce qui n'était pas le cas pour la vapeur de I_2. Un tel phénomène ne peut être interprété ni par l'effet Zeeman que nous avons discuté ailleurs ([3]), ni par la théorie de Van Vleck (4). Mais avant tout il faudrait être sûr que cet effet s'exerce sur les membres d'une même série de fluorescence, et pour cela connaître exactement la composition des termes d'une série. Cela revient à déterminer le niveau initial de vibration et de rotation de chacune des raies qui composent les termes en question. Il s'imposerait donc de faire une étude préliminaire du spectre d'absorption de ces corps. Dans l'état actuel de nos connaissances il se peut que les différents termes successifs que l'on suppose appartenir à une même série (à cause d'une dispersion insuffisante) appartiennent en réalité à des séries dont l'origine soit différente et dont l'intensité suive une loi variable comme pour la vapeur de I^2. Dans ce cas un effet Zeeman sur les raies d'absorption qui correspondent aux différentes séries pourrait changer les conditions de l'excitation de manière à faire apparaître une inégalité d'affaiblissement (ou de renforcement) sur les différents termes attribués à une même série. Une prédissociation magnétique ne peut pas rendre compte d'une augmentation d'intensité. Une pareille perturbation se réduit (pour un voisinage convenable) à l'action d'un niveau à énergie non quantifiée sur un niveau stable, sous l'influence du champ magnétique. Van Vleck a montré que cette réaction spécifique du champ est propre aux niveaux de symétrie différente (en l'espèce O^+ et O^- d'après ses notations).

Considérons le cas de Te^2. Les états d'énergie peuvent se déterminer à l'aide des règles d'addition des vecteurs S et L des atomes qui constituent la molécule. Ces états sont donnés dans un travail de Christy et Naudé ([4]). Parmi tous les états (18 en tout) il est probable que $^3\Pi_g$ est le niveau perturbateur en présence du champ magnétique. Kondratjew et Lauris ([5])

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1402, et **198**, 1934, p. 816. De même : Fluorescence des vapeurs (Hermann, Paris, 1934).

([2]) *Z. für Physik*, **85**, 1933, p. 191.

([3]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1036.

([4]) *Phys. Review*, **37**, 1931, p. 903.

([5]) *Z. für Physik*, **93**, 1934, p. 741.

trouvent que ce niveau produit, en présence des gaz étrangers, une prédissociation induite dans la vapeur de Te^2. Cette prédissociation induite par les gaz a le même caractère que celle induite par le champ magnétique à savoir que $\Delta J \neq 0$. Si la position relative de l'état ${}^3\Pi_g$ est celle indiquée par les auteurs cités, c'est-à-dire en bas de la courbe potentielle supérieure et touchant presque le minimum de celle-ci, on devrait avoir une action d'affaiblissement maxima du champ pour les séries de fluorescence dont les v sont petits. L'analogie de S^2 avec Te^2 permet de tirer les mêmes conclusions dans le cas de la fluorescence de la vapeur de soufre diatomique. Dans aucun cas une augmentation de l'intensité ne peut être la conséquence d'un tel phénomène. Toutefois on pourrait envisager le cas théorique suivant : le niveau excité n'est pas complètement stable; dans son voisinage se trouve un niveau stable dont les propriétés de symétrie ne lui permettent pas d'agir sur le niveau excité partiellement instable. Supposons que les symétries de ces deux niveaux soient telles qu'un champ magnétique puisse les lier. Dans ce cas la stabilité partielle du niveau primitivement instable croîtra et une fluorescence, dont il serait le niveau excité, augmente en intensité.

Avant de terminer retenons l'observation de Genard et de Smoluchowski que les termes antistokes, dans la vapeur de Te^2, sont moins affaiblis par le champ que les groupes positifs. Si les termes antistokes proviennent, comme d'ordinaire, des molécules avec plusieurs quanta initiaux de vibration, nous croyons que l'explication se dégage du raisonnement suivant : les termes antistokes appartiennent, pour une même raie excitatrice, à des séries pour lesquelles v' est plus grand que pour les séries sans termes antistokes. De l'hypothèse faite plus haut sur la position relative de la courbe potentielle du niveau perturbateur, il résulte précisément que les séries pour lesquelles v' est grand sont moins affaiblies que les séries pour lesquelles il est petit.

SPECTROCHIMIE. — *Spectres de fluorescence du rubène (tétraphénylrubène) en solution benzénique et à l'état solide.* Note [1] de M. **Charles Dhéré** et Mlle **Anne Raffy**, présentée par M. Delépine.

Le spectre de fluorescence de la solution benzénique de rubène s'étend de $\lambda\,650^{m\mu}$ à $\lambda\,540^{m\mu}$ environ (largeur moyenne); il présente deux bandes

[1] Séance du 21 janvier 1935.

bien brillantes séparées par un large minimum d'émission avec, en deçà et au delà, de faibles lueurs. Voici quelques résultats numériques :

	Lueur.	Bande brillante I.	Minimum.	Bande brillante II.	Lueur.	Rayons excitateurs.
a.	652	611–587	(axe 578,5)	570–554	542	$\lambda < 425$. Arc entre charbons
b.	652	610–591	(axe 579)	567–554	542	Raie Hg $\lambda 365^{m\mu}$
c.	648	613–591	(axe 580)	569–549	541	$\lambda < 425$. Arc entre charbons

Les déterminations *a* et *b* ont été obtenues par spectrographie; la détermination *c*, par spectroscopie. La figure 1 correspond à l'excitation par

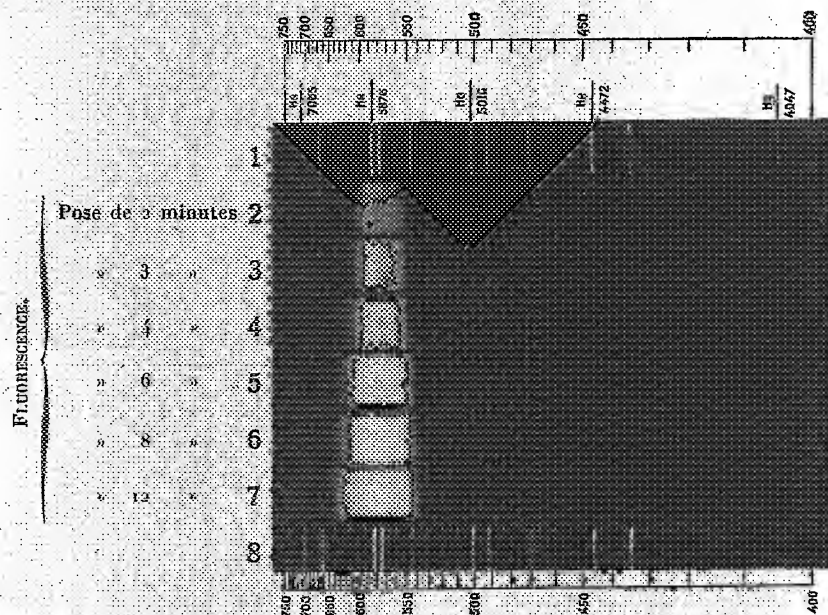


Fig. 1. — Solution benzénique de tétraphénylrubène à 5 pour 10000. Maximum d'épaisseur 3^{mm}.

l'arc entre charbons; les spectres nos 3, 4, et 5 de la figure 2, à l'excitation monochromatique par la lumière de Wood (Hg 365). Dans les deux cas, les spectres de fluorescence sont pratiquement identiques. Pour le spectrogramme reproduit figure 1, les poses ont duré de 2 à 12 minutes. On voit que, même avec les poses les plus longues, où la bande enregistrée devient extrêmement intense, le spectre ne s'étale guère du côté du violet. Signalons que, pour remédier à l'affaiblissement rapide de la fluorescence, causé par la photo-oxydation (au contact de l'air), la liqueur a été renouvelée toutes les 2 minutes, c'est-à-dire 18 fois au cours de l'obtention du cliché. En utilisant un modèle spécial de tube pour l'étude microchi-

mique des spectres de fluorescence ([1]), il suffisait d'introduire 8 gouttes (1/3 de cm^3) pour chacune des poses séparées de 2 minutes.

Pour ce qui est du minimum d'émission compris entre 590 et 568 environ

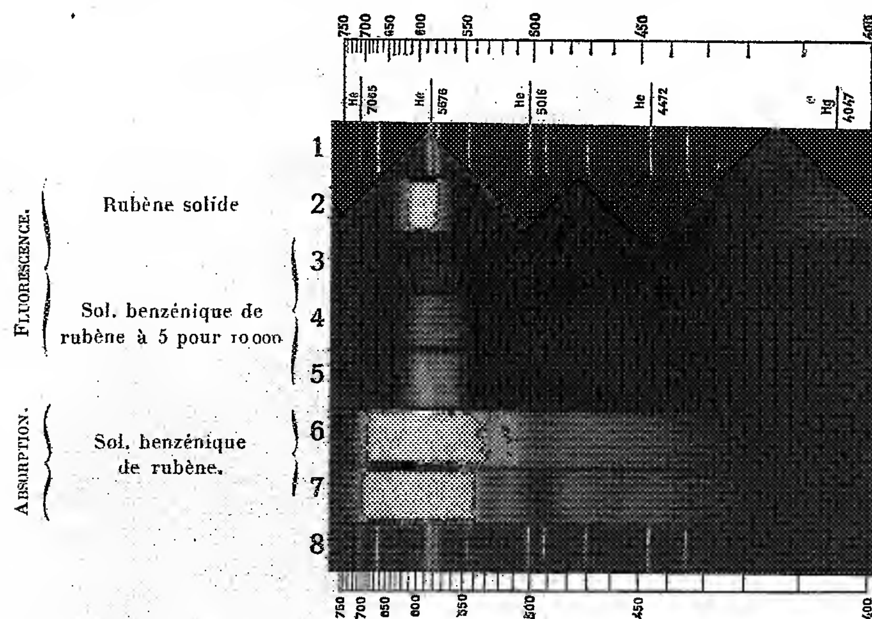


Fig. 2. — Tétraphénylrubène solide et dissous. Fluorescence et absorption.

(axe 579), il ne peut résulter d'une autoabsorption due à l'une des trois bandes d'absorption connues, puisque la moins réfrangible a son maximum en coïncidence avec λ 530$^{m\mu}$ (Dufraisse et Badoche).

Tandis que la belle fluorescence du tétraphénylrubène en solution est immédiatement visible à la lumière solaire, celle du carbure solide, quoique forte, n'apparaît nettement qu'en excitant avec les seuls rayons ultraviolets et violets. Sur la figure 2, le spectre n° 2 montre cette fluorescence : bande forte, franchement délimitée, comprise entre λ 625 et 574$^{m\mu}$ (axe 600 environ).

([1]) Ch. Dhéré, *C. R. Soc. Biologie*, **112**, 1933, p. 1129. Ce tube permet d'ailleurs d'opérer aussi à l'abri de l'air.

RADIOCHIMIE. — *Sur la sensibilité spectrale des compteurs photo-électriques.* Note (¹) de MM. **R. Audubert** et **C. Reithmuller**, présentée par M. J. Perrin.

L'un de nous (²) a mis en évidence l'émission des radiations ultraviolettes par des réactions chimiques non luminescentes, au sens ordinaire du mot. Les très petites quantités d'énergie mise en jeu (10^{-9} à 10^{-6} erg par seconde et par centimètre carré) exigent un détecteur particulièrement sensible, constitué, comme on l'a vu, par un compte-photons.

Dans le but de préciser le domaine spectral du rayonnement émis, nous avons étudié, en fonction de la longueur d'onde, la sensibilité de compteurs photoélectriques de cathodes différant soit, par la nature du métal, soit par le traitement de la surface.

Le dispositif expérimental utilisé était constitué par un tube à hydrogène de Chalonge-Lambrey, servant de source à l'éclairage d'un monochromateur Zeiss à optique de quartz-sel gemme permettant de délimiter dans le spectre ultraviolet continu compris entre 4000 et 2150 Å des bandes spectrales qui, avec les cellules les plus sensibles, avaient 15 Å environ de largeur.

Le tube compteur photoélectrique, disposé à la sortie du monochromateur, était connecté suivant le montage déjà décrit, à un amplificateur actionnant par l'intermédiaire d'un relais un compteur téléphonique.

Les accroissements, sous l'action du rayonnement, du nombre de décharges par unité de temps, étaient rapportés à la courbe représentant, en fonction de la longueur d'onde, l'énergie émise par le tube de Chalonge-Lambrey (courbe de brillance énergétique spectrale) (³), en prenant comme unité l'énergie de la bande moyenne de 2200 Å.

Les photo-cathodes étudiées possèdent des propriétés fort différentes les unes des autres; c'est ainsi que le cuivre, le zinc et le tantale non altérés, l'aluminium préalablement oxydé par voie électrolytique, le ferrosilicium (à 10 pour 100 de fer) et l'iodure d'étain ne permettent pas de préparer des cellules assez sensibles et assez fidèles pour qu'une courbe de sensibilité puisse être construite.

(¹) Séance du 14 janvier 1935.

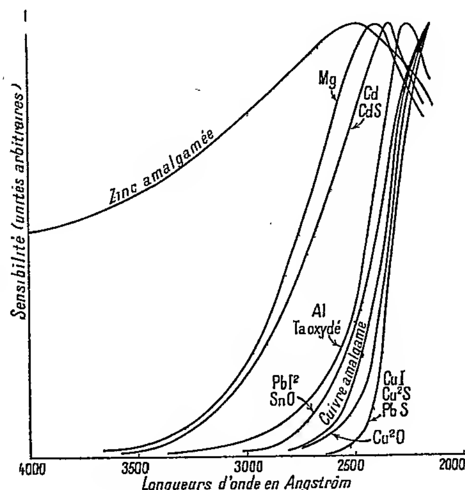
(²) R. Audubert et van Doormal, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1883.

(³) Chalonge et Lambrey, *Revue d'Optique*, 9, 1929, p. 332.

Par ailleurs, nous avons obtenu des résultats satisfaisants avec les photocathodes suivantes :

Aluminium, cuivre ioduré électrolytiquement, oxyde cuivreux sur cuivre, étain oxydé chimiquement (oxyde noir), cadmium, cadmium sulfuré électrolytiquement, zinc amalgamé, tantale oxydé anodiquement, magnésium, cuivre sulfuré, plomb sulfuré, plomb ioduré (les trois derniers par voie électrolytique) [1].

Afin de rendre possible la comparaison des différentes électrodes au point



de vue de leurs propriétés spectrales, les ordonnées de chaque courbe ont été modifiées de manière à présenter la même valeur maximum.

Si l'on examine la figure obtenue dans ces conditions, on voit que les cellules étudiées peuvent approximativement se grouper en trois catégories :

1° Les substances dont la sensibilité croît rapidement à partir de 2400 à 2700 Å, et ne présentant aucun maximum en fonction de la longueur d'onde, dans l'intervalle étudié (composés du cuivre et du plomb, oxyde noir d'étain);

2° Les substances dont la sensibilité croît notablement à partir de 3300 Å environ et donne lieu à un maximum dont la position dépend de la nature de la cathode (magnésium : 2400 Å, cadmium et cadmium sulfuré : 2350 Å, aluminium et tantale oxydé : 2250 Å).

(1) De toutes ces substances, les plus sensibles sont les sept premières.

3° Le zinc amalgamé, qui possède un maximum vers 2500 Å, et conserve une sensibilité notable dans le visible.

Incidemment, il est intéressant de remarquer que pour le cadmium et le cuivre (et, moins nettement pour le plomb) l'allure de la courbe de sensibilité spectrale semble dépendre peu de la nature de l'altération superficielle, alors que la sensibilité est profondément influencée par ce facteur.

L'ensemble de ces résultats montre qu'il est donc possible, par un choix approprié de la photo-cathode, d'étudier, du moins grossièrement, le domaine spectral d'émission d'une réaction.

RADIOACTIVITÉ. — *Radioactivité artificielle excitée dans l'or et complexité de son rayonnement.* Note (¹) de M. **Léonard Sosnowski**, présentée par M. Maurice de Broglie.

MM. Szilard et Chalmers (²) ont montré que le glucinium irradié par les rayons gamma constitue une source de neutrons pouvant produire la radioactivité artificielle d'éléments de poids atomique élevé.

Nous avons employé cette méthode pour l'activation de l'or.

100^g de glucinium irradié par le rayonnement gamma du radium filtré à travers 1^{mm} de platine nous servaient de source de neutrons. Au cours de nos recherches nous pouvions disposer de différentes quantités de radium : 20^{mg}, 100^{mg}, 200^{mg} suivant le cas. Les feuilles d'or pendant leur activation étaient placées entre la source de rayons gamma et le glucinium, ou bien entouraient ce dernier. Le tout était immergé dans de l'huile de paraffine afin d'augmenter l'intensité de l'activation (Fermi).

Les dimensions de la source de neutrons étant assez étendues les conditions d'observation n'étaient pas très avantageuses.

Les temps d'irradiation étaient de 12, 24 et 50 heures. La radioactivité de l'or était mesurée au moyen d'un compteur de Geiger-Müller à fenêtres d'aluminium de $0^{mm},05$ d'épaisseur.

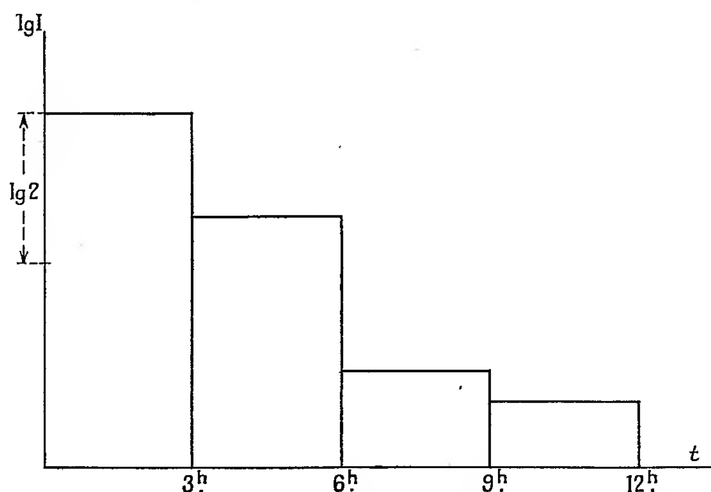
Nous avons pu établir l'existence de rayons bêta; la période de l'élément qui les émet étant de 2 jours et demi; le nombre d'impulsions comptées par minute était de l'ordre de 30, tandis que le mouvement propre du compteur ne dépassait pas 6.

(¹) Séance du 21 janvier 1935.
(²) *Nature*, 134, 1934, p. 437.

La déviation des corpuscules dans un champ magnétique montre bien que ce sont, sinon exclusivement, du moins en majeure partie des électrons négatifs.

L'absorption des rayons bêta a pu être mesurée en interposant des feuilles d'aluminium entre la fenêtre du compteur et la feuille d'or activée. L'intensité du rayonnement a une allure à peu près exponentielle en fonction de l'épaisseur de la couche absorbante; 0,040 g/cm² d'aluminium diminue l'intensité du rayonnement de moitié, ce qui correspond à une énergie moyenne de 300000 électrons-volts.

Dans les limites de précision des mesures nos résultats semblent



s'accorder avec ceux de Fermi et de ses collaborateurs (¹); ces physiciens excitaient la radioactivité de l'or en employant comme source de neutrons le glucinium bombardé par les particules alpha du radon.

Dans nos expériences nous avons certainement le même isotope radioactif que les physiciens italiens.

A côté des rayons bêta nous avons pu mettre en évidence un rayonnement plus pénétrant pouvant traverser les parois du compteur (1^{mm} de laiton) et affaibli deux fois et demie environ par 1^{mm} de plomb. Ceci correspond à des quanta de 250000 el-v.

Ce phénomène est d'ailleurs de très faible intensité : avec 5^g d'or on obtenait 6 impulsions par minute dans le compteur en plus de son mouvement propre qui était de 10 impulsions par minute.

(¹) *Proc. of Roy. Soc.*, 146, 1934, p. 483.

Il est tout à fait remarquable que ce rayonnement possède une période voisine de 5 heures. Nous n'avons pas pu établir si l'intensité de ce rayonnement est fonction exponentielle du temps.

La figure donne les variations du logarithme de l'intensité de ce rayonnement en fonction du temps de trois heures en trois heures. Les valeurs de la figure sont la moyenne de plusieurs séries d'observations. Notre statistique est basée sur 17000 impulsions observées.

Après 24 heures aucun rayonnement gamma n'était plus observable bien que l'intensité des rayons bêta ne fût affaiblie que de 25 pour 100.

Si l'émission des rayons gamma était liée à celle d'un rayonnement bêta, ce dernier devrait avoir la même vie moyenne de 5 heures et une intensité facilement mesurable; malgré des essais répétés nous n'avons pu déceler aucune trace d'un tel rayonnement.

Ces rayons gamma ne sont donc certainement pas dus à un processus de désintégration bêta. Ils pourraient peut-être accompagner l'émission de particules lourdes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le système : iodure d'antimoine-iodure de potassium-eau.* Note [1] de M. **F. François**.

Schaeffer [2], en 1860, par action de l'iodure d'antimoine sur des solutions saturées chaudes d'iodure de potassium, obtenait par refroidissement le sel : $2SbI^3$, 3KI, $3H^2O$. Peu de temps après Nicklès [3], par le contact prolongé d'antimoine pulvérisé avec une solution d'iode et d'iodure de potassium dans l'alcool préparait l'iodure double SbI^3, KI, H^2O dans le cas de l'alcool presque absolu, et l'iodure double SbI^3, 2KI, 2,5 H^2O dans le cas d'alcool étendu.

Nous avons étudié le système : iodure d'antimoine, iodure de potassium, eau, dans le but d'y retrouver éventuellement les différents sels doubles signalés.

Quand la concentration de la liqueur en iodure de potassium devient trop faible, il y a hydrolyse d'une partie de l'iodure d'antimoine mis en jeu, ce

---

(1) Séance du 21 janvier 1935.

(2) *Pogg. Annalen*, **109**, 1860, p. 611.

(3) *Comptes rendus*, **51**, 1860, p. 1097, et *J. de Pharmacie*, 3e série, **39**, 1861, p. 116.

qui complique le phénomène. Nous nous sommes borné à l'étude des systèmes pour lesquels l'hydrolyse était nulle ou insignifiante.

Nous avons employé la méthode des solubilités à température constante. Les expériences ont été exécutées successivement aux températures

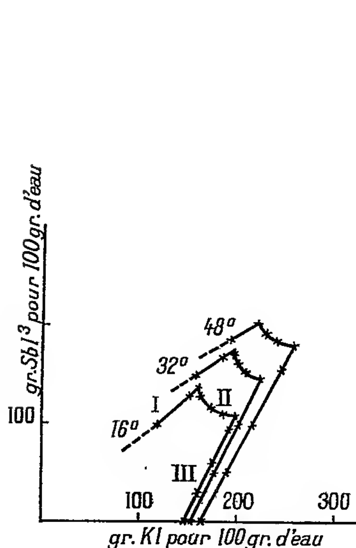


Fig. 1.

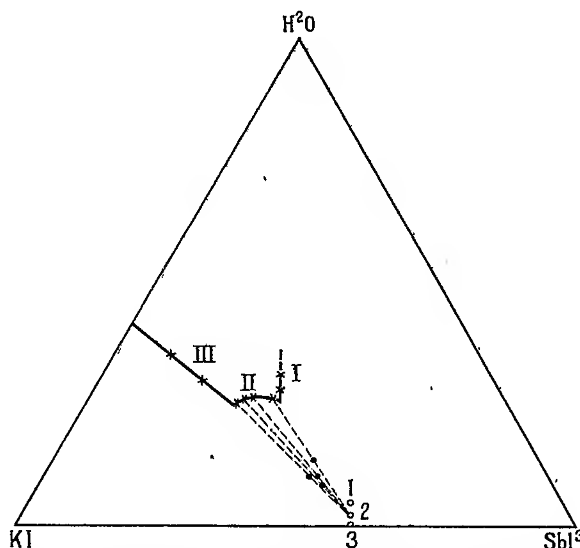


Fig. 2. — Diagramme relatif à 100g de mélange (à 16°).
1, SbI^3, 2KI, $2H^2O$; 2, SbI^3, 2KI, H^2O; 3, SbI^3, 2KI.

suivantes : 16°, 32°, 48°. La composition du solide a été établie par la méthode des restes de Schreinemackers.

Pour chacune des températures envisagées, le diagramme de solubilité présente trois branches.

La branche I correspond au dépôt d'iodure d'antimoine : elle ne peut être étudiée très loin à cause de l'hydrolyse.

La branche II répond au dépôt du sel double : SbI^3, 2KI, H^2O comme l'indique la figure 2.

La branche III correspond au dépôt d'iodure de potassium.

Entre les températures 16° et 48°, on n'obtient donc à partir des solutions aqueuses des iodures d'antimoine et de potassium qu'un seul sel double : SbI^3, 2KI, H^2O.

On ne retrouve aucun indice du sel double décrit par Schaeffer et qui ne saurait être autre en réalité que le sel SbI^3, 2KI, H^2O de la présente Note.

Ce sel cristallise en prismes quadratiques pyramidés, plats, d'un rouge

foncé presque noir. Il est isomorphe de l'iodure BiI^3, $2KI$, H^2O [1] dont il possède l'analogie de formule.

Il est facile d'obtenir d'assez gros cristaux de ce corps. Les solutions claires, de composition convenable, abandonnées à l'évaporation à l'air libre, en évitant toute agitation ne donnent naissance qu'à un nombre réduit de germes cristallins qui se développent seuls et acquièrent des dimensions respectables (le côté du carré de base peut atteindre 2^{cm}).

Je poursuis actuellement l'étude des systèmes où le potassium est remplacé par les autres métaux alcalins.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le diagramme : nitrite de potassium-eau. L'hydrate* $NO^2K.0,5H^2O$. Note [2] de M. **Jean Bureau**, présentée par M. G. Urbain.

Disposant d'un nitrite de potassium à 99,7 pour 100 (dosage d'azote confirmé par celui du potassium), nous avons observé, contrairement à la description courante, que le nitrite de potassium pur est parfaitement blanc.

Le sel cristallisé anhydre a une densité de 1,926 à 0°. Le point de fusion corrigé est de 441°, chiffre en accord avec celui de Amadori [3] (440°) mais qui s'écarte des chiffres divergents de Ostwald [4] (297°,5) et Ettinger [5] (387°).

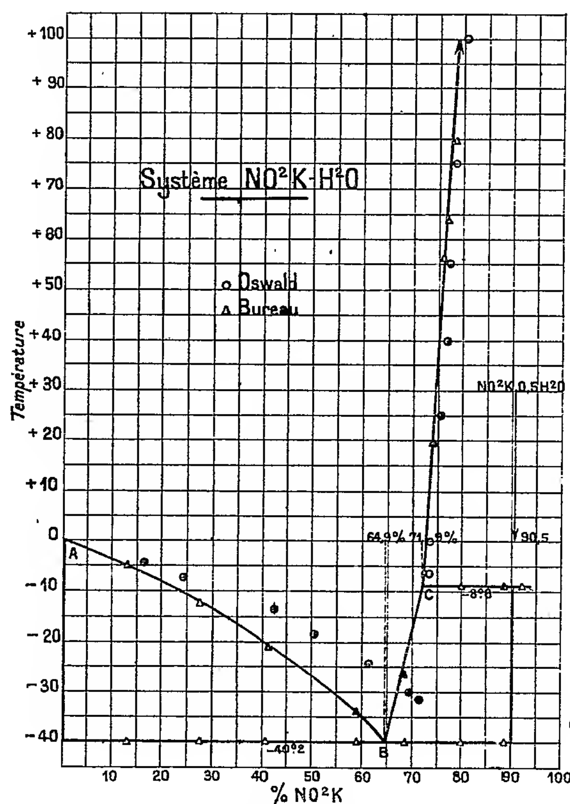
Nous avons repris l'étude du système : nitrite de potassium-eau, déjà publiée par Ostwald, en suivant la technique employée dans notre étude du nitrite de sodium [6].

De 0° à 100° nous avons des chiffres voisins de ceux d'Ostwald, mais toujours légèrement plus faibles.

T.	NO^2K °/₀.	d_t^t.
98°,5	78,9	1,714
79,5	78,5	1,687
64,7	77,0	1,673
56,0	76,35	1,671
20,0	74,3	1,649

(1) Mlle Delwaulle, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 948.
(2) Séance du 21 janvier 1935.
(3) *Inst. Ven.*, 8e série, **72**, 1913, p. 907.
(4) *Annal. de Chimie*, **1**, 1914, p. 37.
(5) *Z. anorg. Chem.*, **206**, 1932, p. 260.
(6) Jean Bureau, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1918.

Au-dessous de 0°, l'étude thermique conjuguée avec des prélèvements de phase liquide pendant les transformations invariantes nous a permis de



déterminer les coordonnées de l'eutectique B et d'un point de transition C jusqu'ici inconnu.

NO^2K pour 100...	13,01.	27,85.	41,0.	58,8.	B.64,9.	68,4.	C.71,9.
Dépôt primaire..	— 5°,20	—12°,25	—20°,45	—34°,4	eutect.	—26°,8	— 8°,9
Solidification tot.	—40°,0	—40°,2	—40°,3	—40°,3	—40°,2	—40°,2	—40°,2

NO^2K pour 100.........	C.71,9.	80,0.	88,5.	92,0.
Transformation péritectique...	— 8°,9	— 8°,55	— 8°,9	—8°,8
Solidification totale..........	—40°,2	—40°,45	—40°,2	—8°,8

La disparition du palier de — 40°,2 entre les teneurs 88,5 et 92,0 pour 100, jointe à l'observation de la durée du palier péritectique, permet d'attribuer au corps de dépôt le long de la branche BC la formule NO^2K, $0,5H^2O$ ($NO^2K = 90,5$ pour 100).

Comme les nitrites de Ba, Ca, Sr, Li, les nitrites de sodium et de potassium donnent donc un hydrate dans lequel on a une molécule H^2O par molécule N^2O^3. Le jeu des formules permet d'écrire ceux-ci N^2O^5, X^2H^2 par saturation de deux hydrogènes d'un acide pyronitreux : N^2O^3, $2H^2O$ qui demeure inconnu mais dont la constitution rappelle celle des acides pyrophosphorique et pyroarsénieux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la chaleur sur quelques camphocarbonates métalliques.* Note [1] de M. **Mario Picon**, transmise par M. H. Le Chatelier.

La décomposition thermique des composés organiques, effectuée dans le vide a été entreprise par plusieurs savants suivant des modes différents, soit que l'action de la chaleur ait été brusque, soit qu'elle fût, au contraire, progressive. Le dernier procédé a permis non seulement d'isoler certains corps nouveaux, mais les recherches de M. Lebeau sur les combustibles et de nombreux hydrates de carbone ont montré tout l'intérêt et l'importance de l'étude des composés gazeux obtenus dans ces pyrogénations.

Notre étude a porté sur les camphocarbonates de magnésium II, calcium II, sodium I, manganèse II, zinc II, cérium III, uranyle IV, cuivre II, bismuth III, plomb II, argent I, mercure II, thallium I et thallium III. La molécule organique étant ici complètement volatile, les condensations observées sous l'action de la chaleur sont dues à l'influence des divers oxydes métalliques. La décomposition donne lieu tout d'abord à un dégagement d'anhydride carbonique qui augmente nettement en passant d'un métal à celui qui le suit dans la liste précédente. Celle-ci a été dressée en prenant l'ordre de la valence-gramme (avec la valence minimum : cuivre I, mercure I). On note cependant une exception, le zinc doit être placé près du cuivre comme si sa valence était égale à I. Sauf cette exception, l'instabilité des sels suit donc nettement l'augmentation de la valence-gramme. Les dégagements gazeux à 100° sont, en effet, les suivants, en les exprimant en pour 100 de la quantité théorique : 2,2 — 5,4 — 16,8 — 15,5 — 28,5 (*zn*) — 21,5 — 26,1 — 30,4 — 35,4 — 44 — 48 — 82,8 — 2 et 72,1. Ces deux derniers chiffres relatifs aux sels thalleux et thallique montrent nettement l'influence de la valence du métal.

La courbe de dégagement du gaz carbonique a une forme très aiguë

(1) Séance du 26 décembre 1934.

avec maximum à 100° à partir du cuivre et du zinc; les sels des métaux placés avant donnent des courbes avec maximum à 200° (400° pour le cuivre) et, sauf dans le cas du magnésium, s'allongeant de plus en plus vers l'horizontale jusqu'à 500° (Cé, Zn, Ca) et même 600° (Mn).

Ce sont ces derniers sels (Mn, Ca, Na, Zn, Cé) qui fournissent, à partir de 400° et surtout à 700° et 800°, les proportions les plus fortes de carbures d'hydrogène saturés et d'hydrogène. Ce dégagement est, du reste, en relation avec la quantité de matière organique restant fixée sur le métal. Il semble lié également à la lenteur de l'élimination de l'anhydride carbonique. Les volumes gazeux varient entre 2^{cm^3} (Ag) et $156^{cm^3},4$ (Mn) atteignant souvent 100^{cm^3} par gramme (¹).

L'acétylène ne se trouve pas en quantité dosable.

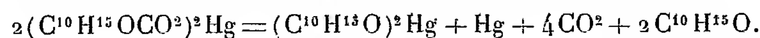
Les carbures éthyléniques s'obtiennent surtout à assez haute température, cependant les sels de calcium et de sodium en fournissent nettement dès 300° (25^{cm^3} par gramme). Les autres dérivés donnent un volume total compris entre $0^{cm^3},6$ (Ag) et $61^{cm^3},1$ (Cé) atteignant souvent 30^{cm^3}.

Les quantités de carbures sont, en général, assez voisines, qu'il s'agisse des corps saturés ou des éthyléniques. Elles sont en moyenne de 30 à 50 pour 100 du volume de l'hydrogène. Pour les saturés, les volumes varient de $0^{cm^3},9$ (Ag) à $43^{cm^3},84$ (Cé) atteignant souvent 30^{cm^3}; pour les éthyléniques, on trouve de $0^{cm^3},6$ (Ag) à $61^{cm^3},1$ (Cé) et souvent 30^{cm^3}.

L'oxyde de carbone se forme surtout à 800° et avec les sels placés avant le cuivre. Le volume total est compris entre $1^{cm^3},5$ (Ag) et $103^{cm^3},3$ (Na), il arrive souvent à 40^{cm^3}.

L'action d'une température modérée (150° à 200° suivant les sels) permet d'isoler des composés nouveaux : le mercuredicamphre à 200°, le camphocarbonate de sodium sodé à 175°, puis des dérivés du zinc et de plomb restant solubles dans les dissolvants organiques, après chauffes respectives à 175° et à 150°.

Le mercuredicamphre $(C^{10}H^{15}O)^2Hg$ a déjà été isolé par nous dans l'action de l'eau à 100° sur le sel neutre. Dans le vide, à sec, il faut atteindre 200° et maintenir cette température pendant plusieurs heures pour obtenir une décomposition complète; celle-ci s'effectue ainsi que nous l'avons constaté quantitativement, d'après l'équation suivante :

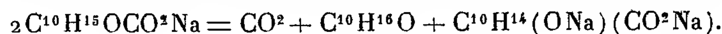


$$2(C^{10}H^{15}OCO^2)^2Hg = (C^{10}H^{15}O)^2Hg + Hg + 4CO^2 + 2C^{10}H^{15}O.$$

(¹) Les résultats analytiques complets seront publiés dans un autre Recueil.

Le camphocarbonate de sodium sodé $C^{10}H^{14}(ONa)(CO^2Na)$ prend naissance en maintenant le camphocarbonate de sodium à 175° dans le vide jusqu'à cessation à peu près complète de dégagement gazeux.

Quantitativement, la réaction se produit conformément à l'équation



$$2C^{10}H^{15}OCO^2Na = CO^2 + C^{10}H^{16}O + C^{10}H^{14}(ONa)(CO^2Na).$$

On isole ainsi un produit solide blanc complètement soluble dans les alcools méthylique et éthylique et régénérant, sous l'action de l'acide chlorhydrique, de l'acide camphocarbonique en quantité théorique.

Nous n'avons pu isoler de produits dérivés en traitant ce composé dimétallique par des dérivés halogénés ou des chlorures d'acide. Le chlorure de benzoyle réagit nettement sans que nous ayons pu cependant caractériser la formation du dibenzoylcamphre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Le cobalt peut-il avoir la coordinence huit?* Note de M. **Clément Duval**, présentée par M. Georges Urbain.

M. Kichimatsu Matsuno [1] admet que le sulfate acide de cobalt-III-oxalato-pentammine, formulé jusqu'alors $SO^4H[Co(C^2O^4)(NH^3)^5], H^2O$, a en réalité la structure $SO^4H[Co(H^2O)(C^2O^4)(NH^3)^5]$, la molécule d'eau faisant partie du complexe cobaltique. Si le radical oxalique garde une coordinence égale à deux, le cobalt devient octocoordiné et l'ion qui le renferme peut se représenter par un cube non superposable à son image prise dans un miroir plan; par suite, le sel examiné doit présenter le pouvoir rotatoire et M. K. Matsuno prétend l'avoir effectivement dédoublé par l'intermédiaire des tartrates.

Un résultat d'une telle importance méritait d'être repris :

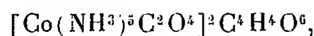
1° J'ai tenté l'expérience de dédoublement en suivant rigoureusement, puis en faisant varier les indications du Mémoire. Il y a d'abord une petite difficulté en ce qui concerne l'analyse du tartrate obtenu. L'auteur indique :

Trouvé : $Co = 16,29$ %; calculé pour $[Co(NH^3)^5C^2O^4H^2O]^2C^4H^4O^6$: $Co = 16,63$ %.

Il y a sans doute, ici, une faute d'impression car le calcul donne $Co = 18,18$ pour 100 et l'analyse manquerait de précision. Je trouve de mon côté : $Co = 19,2$ pour 100, $NH^3 = 27,8$, valeurs qui peuvent se concilier avec la formule ci-dessus, mais qui s'accordent encore mieux avec la

(1) K. Matsuno, *Journ. of the College of Science, Tokyo*, 45, 1925, Art. 8.

suivante ne renfermant pas d'eau :



$$[Co(NH^3)^5C^2O^4]^2C^4H^4O^6,$$

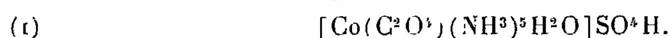
pour laquelle Co (calculé) = 19,25, NH^3 (calculé) = 27,81.

2° Au cours de la cristallisation, je n'ai obtenu qu'une seule sorte de cristaux de tartrate pour lesquels $[\alpha]_c^{19} = +15°$. Quand on en chasse l'acide tartrique par le chlorure de baryum, le pouvoir rotatoire disparaît. J'ai expérimenté avec diverses longueurs d'onde, avec des tubes de 10, 20 et 50^{cm} de long maintenus à température bien constante par circulation d'eau. J'ai trouvé quelquefois un faible pouvoir rotatoire, mais il était dû à la présence de tartrate de baryum dont la solubilité dans l'eau est $0^g,028$ dans 100^{cm^3}, à 20°.

J'ai alors pensé que le chlorure formé se racémisait pendant la mesure. Le tube polarimétrique fut muni d'un entonnoir, de sorte que la lecture pouvait commencer moins d'une minute après la double décomposition. En aucun cas, il ne m'a été possible de vérifier la rotation spécifique $[\alpha]_c^{26} = +16°$ annoncée par M. Matsuno pour le chlorure de la série qu'il écrit $[Co(NH^3)^5C^2O^4Cl]$.

3° Une nouvelle question se pose alors : Pourquoi la molécule d'eau (qui est la clé de toute la question) n'est-elle pas indiquée par l'auteur dans cette formule? L'analyse ne la donne pas, il est vrai, et quoique l'auteur espère sauvegarder l'octocoordinence, les faits ne s'accordent pas avec le schéma d'un non-électrolyte. Les mesures de conductibilité que j'ai effectuées sur ce corps prouvent qu'il libère deux ions en solution aqueuse. Il faut l'écrire $Cl[Co(NH^3)^5C^2O^4]$. Dès lors, le schéma cubique n'a plus sa raison d'être.

4° Revenons sur l'hypothèse de la molécule d'eau dissimulée dans le complexe initial, écrit par M. Matsuno



$$(1) \qquad [Co(C^2O^4)(NH^3)^5H^2O]SO^4H.$$

Si elle est associée au cobalt, elle doit se conserver dans tous les sels de la famille. Ceux-ci sont faciles à préparer par notre méthode générale d'obtention des pentammines [1] et voici ce que donne l'expérience :

Le chlorure, le chlorure acide, le bromure acide, l'iodure acide, l'oxalate, le tartrate, l'oxalate triacide sont *anhydres*. L'iodure et le bromure renferment chacun 3/2 molécules d'eau qu'ils peuvent perdre, à froid, sur l'acide

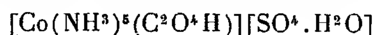
(1) R. et C. DUVAL, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 843.

sulfurique et regagner ensuite au contact de l'eau. Le sulfate renferme trois molécules d'eau qui peuvent s'éliminer, sans anomalie, dans la courbe de déshydratation. Comme la molécule d'eau du corps (1) ne disparaît qu'à 108° et qu'elle n'est pas à l'état d'eau de constitution dans le complexe cobaltique, il est naturel d'écrire la formule



(2) $$[Co(NH^3)^5C^2O^4]SO^4H.H^2O,$$

schéma qui s'explique par la grande affinité de l'acide sulfurique pour l'eau et qui est en accord avec les récentes expériences de Moles et Crespi [1] sur les aluns, avec cette seule différence que les savants espagnols envisagent, à la suite de leurs mesures de déshydratation et de volume moléculaire, l'existence du radical $[SO^4.H^2O]$ dans leurs complexes. Il y a, en effet, de nombreux exemples dans la littérature où une molécule d'eau est toujours plus solidement attachée que les autres au radical sulfurique. Je fus alors tenté de représenter la formule (2) par le nouveau schéma



$$[Co(NH^3)^5(C^2O^4H)][SO^4.H^2O]$$

qui est correct au double point de vue de la valence et de la coordinence ; mais, j'ai renoncé à cette dernière formule car les mesures de conductibilité montrent que l'ion cobaltique est monovalent, que le corps a une réaction franchement acide mais qu'il ne présente pas, même après 24 heures, en solution aqueuse froide, les réactions de l'acide oxalique. Toute idée d'hydrolyse doit alors être rejetée.

En conclusion, les considérations de M. K. Matsuno nous paraissent fort douteuses. On peut garder, je crois, l'hexacoordinence au cobalt et la monocoordinence à l'acide oxalique d'une pentammine, en accord avec nos recherches antérieures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure de la trinitrocellulose.* Note de M. **Marcel Mathieu**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons proposé [2] un réseau cristallin qui peut rendre compte du diagramme des dinitrocelluloses. Nous proposons maintenant pour la tri-

---

(1) Moles et Crespi, *Anales de la Sociedad de fisica y quimica*, 25, 1927, p. 549.
(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 143.

nitrocellulose le réseau monoclinique défini par les paramètres

$$a = 13,9\,\text{Å},$$
$$c = 9\,\text{Å}, \qquad \beta = 90°,$$
$$b = 25,6\,\text{Å}\ \text{(axe de fibre)}\quad (^1).$$

En partant de ce réseau on peut affecter des indices (h, k, l) à toute tache observée. Dans le tableau ci-dessous ces taches sont définies par leurs indices (h, k, l). (Le diagramme de rayons X obtenus est, on le sait, identique à celui d'un cristal qui tournerait autour de l'axe b.)

Désignation et coordonnées (x, y) des taches.	Indices (h, k, l).	Intensités relatives.
Équateur : Tache A_1	(101) et (10$\bar{1}$)	T. F.
» Tache A'_1	(202)	F.
1er alignement : A_2^1	(012)	T. F.
2e alignement	120	f.
3e alignement	031	t. f.
	131	f.
4e alignement	141	f.
	042	t. f.
5e alignement (arc B_1)	050	
	150	f.
6e alignement	160	t. t. f.
	161	F.
8e alignement : Arc B_2	080	M.
	181	F.
9e alignement : Arc B'_2	090	M.
10e alignement : Arc B_3	0100	t. t. f.
11e alignement (?)	?	t. f.

On remarque :

1° que la zone $(1\,k\,1)$ fournit un nombre relativement grand de taches;

2° que les taches sur la ligne perpendiculaire à l'équateur s'étalent largement dans la direction des alignements correspondants;

3° qu'il en est de même des taches de la zone $(1\,k\,0)$.

La période de translation le long de l'axe b conduit à penser que les chaînes moléculaires sont plissées. Les plis se répéteraient avec une période égale à 5 unités glucosiques.

---

(1) Cette valeur de b a déjà été définie par Susich, Naray Szabo, *Z. phys. Chem.*, 134, 1928, p. 264, et Miles Craik, *J. Phys. Chem.*, 34, 1930, p. 2607.

L'intensité des taches A_2^1 peut s'expliquer en admettant qu'elles viennent d'interférences sur des plans parallèles ou presque parallèles aux plans des anneaux de glucose.

Les plans des anneaux glucose seraient donc tous, ou en partie, parallèles aux plans réticulaires (012) et $(0\bar{1}2)$.

Il nous a été jusqu'ici impossible de rendre compte des intensités particulièrement fortes des taches (161), (181) et (080). Cependant, comme dans le cas précédemment étudié des dinitrocelluloses, on peut penser que le renforcement de ces ordres particulièrement élevés doit être en relation avec une répartition périodique ou quasi périodique le long de l'axe des chaînes moléculaires des atomes d'oxygène appartenant aux groupes NO^2. (Il convient de rappeler que la saturation totale des groupes — OH n'est jamais complète, dans le cas particulier que nous avons étudié le taux d'azote était de 13,52 pour 100, au lieu de 14,14, taux théorique maximum.)

Dans le tableau suivant, nous donnons, en fonction du taux d'azote, les équidistances des plans réticulaires les plus importants des diagrammes.

N pour 100.	d_1 (101).	d'_1 (202).	D (012).	d_2.
12,90	7,15	3,55	4,72 (mal défini)	4,0
13,05	7,15	3,55		
13,08	7,17	3,58		
13,25	7,21	3,60	4,53	inexistant
13,51	7,25	3,62		

Les ramies nitrées entre 12,90 et 13,25 donnent des diagrammes qui sont encore flous. En particulier les taches A_2^1 ne sont pas encore très définies et il reste trace de la tache A_2 des dinitrocelluloses.

On peut considérer que cette tache A_2 correspond aux taches A_2^1 de la trinitro. Nous avons admis en effet que ces taches étaient en rapport direct avec l'épaisseur des anneaux de glucose.

Lorsque le diagramme d'une nitroramie d'un taux d'azote supérieur à 13,2 pour 100 (environ) présente encore la tache A_2 caractéristique des dinitroramies cette tache disparaît par stabilisation à l'eau bouillante [1].

On sait que la stabilisation par ébullition élimine les fragments les moins nitrés et les produits d'hydrolyse. En outre l'ébullition dans l'eau provoque le plissement des chaînes moléculaires, ce qui correspond sans doute à leur forme la plus stable.

---

[1] Cette disparition a déjà été observée par Hess, *Z. phys. Chem.*, (B), 11, 1931, p. 387.

CHIMIE ORGANIQUE. — *A propos de la réaction de Cannizzaro appliquée aux séries aliphatique et arylaliphatique.* Note de MM. **L. Palfray** et **S. Sabetay**, présentée par M. Delépine.

Nous avons étudié ([1]) une méthode de dosage des aldéhydes, déduite de la réaction de Cannizzaro et très générale. On chauffe l'aldéhyde avec de la potasse benzylique N/2 bouillante et titre la potasse en excès, d'après la relation : 2^{mol} d'aldéhyde utilisent 1^{mol} KOH.

Quelques anomalies nous ont amenés à constater que la réaction était, en général, beaucoup plus complexe qu'il ne paraissait tout d'abord. Théoriquement, en effet, elle est susceptible d'évoluer dans diverses directions.

a. Oxydation directe de l'aldéhyde en acide correspondant. — En fait, cette oxydation est négligeable, ainsi qu'on le constate en chauffant l'aldéhyde dans l'alcool benzylique seul.

b. Variante de la *réaction Claisen-Tischtchenko.* — Sous l'influence d'un alcoolate (benzylate de K), l'aldéhyde $R-CH^2-CHO$ se transforme partiellement en ester benzylique $R-CH^2-COO-CH^2-C^6H^5$, qui se coupe ensuite, par saponification, en $R-CH^2-COOH$ et $C^6H^5CH^2OH$.

c. Réaction de Cannizzaro proprement dite, suivant laquelle 1^{mol} d'aldéhyde se transforme en une demi-molécule d'alcool et une demi-molécule d'acide correspondant. Avec un mélange d'aldéhydes, un Cannizzaro mixte est à envisager.

d. Oxydations et réductions mutuelles entre un alcool et un composé carbonylé, sous l'influence des alcalis (dans l'alcool) à température élevée [Zagoumenny ([2]), Montagne, Wieland]. Le nombre de cas étudiés jusqu'ici est restreint. On a surtout utilisé, à cette fin, des alcoolates de métaux non alcalins, tels que Al, Mg. On a préconisé l'emploi des alcools primaires pour la réduction de CO aldéhydique et secondaires pour CO cétonique (Meerwein et Schmidt, Verley, Ponndorf).

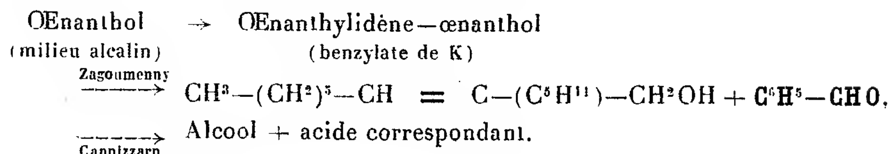
e. Aldolisation, suivie de crotonisation et aussi de la réaction de Zagou-

---

([1]) L. Palfray, S. Sabetay et Mlle Sontag, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1502; S. Sabetay et L. Palfray, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1513.

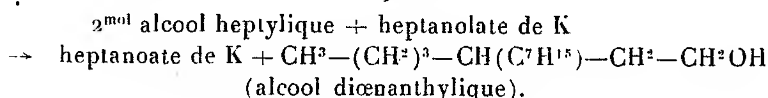
([2]) A. Zagoumenny, *Ann. der Chemie*, **184**, 1877, p. 175.

menny ou de Cannizzaro. Avec l'œnanthol (heptanal) on aurait



$$\text{Œnanthol (milieu alcalin)} \rightarrow \text{Œnanthylidène—œnanthol (benzylate de K)} \xrightarrow{\text{Zagoumenny}} CH^3-(CH^2)^5-CH = C-(C^5H^{11})-CH^2OH + C^6H^5-CHO, \xrightarrow{\text{Cannizzaro}} \text{Alcool + acide correspondant.}$$

f. Les alcools résultant de l'une ou de l'autre des réactions susmentionnées sont susceptibles de subir, dans le milieu alcalin qu'est la potasse benzylique, la réaction de Guerbet (simple ou mixte) :



$$2^{mol}\ \text{alcool heptylique} + \text{heptanolate de K} \rightarrow \text{heptanoate de K} + CH^3-(CH^2)^3-CH(C^7H^{15})-CH^2-CH^2OH\ \text{(alcool diœnanthylique).}$$

II. Dans ces conditions, comment interpréter les résultats que nous avons obtenus avec divers aldéhydes, par ébullition avec la potasse benzylique? L'interprétation générale que nous avons donnée (réaction type Cannizzaro proprement dite) est, sauf dans quelques cas particuliers, incomplète. Il y a bien une demi-molécule KOH qui entre en réaction pour 1^{mol} d'aldéhyde, il y a bien formation de l'alcool correspondant à l'aldéhyde (ou d'un alcool de poids moléculaire double, engendré par l'une des réactions *e* ou *f*), il y a bien aussi une demi-molécule d'acide, mais au lieu d'être l'acide correspondant à l'alcool, c'est de l'acide benzoïque, comme il résulte d'essais effectués à grande échelle sur l'œnanthol, sur l'hydroxycitronnellal et aussi, tout récemment, sur le myrténal [1] (communication privée de M. G. Dupont).

Ceci permet d'éliminer plusieurs des réactions que nous avons considérées comme possibles, mais nous amène à invoquer les propriétés réductrices de la potasse benzylique. Il y aurait ainsi, en premier lieu, soit réduction de l'aldéhyde en alcool correspondant (cas de l'hydroxycitronnellal) :



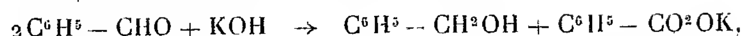
$$R-CH^2-CHO + C^6H^5-CH^2OK \rightarrow R-CH^2-CH^2OH + C^6H^5-CHO,$$

soit aldolisation, crotonisation, réduction genre Zagoumenny en alcool correspondant [2] (cas de l'œnanthol). L'aldéhyde benzoïque formé subirait

[1] Chauffé pendant 2 heures et demie avec de la potasse benzylique, le myrténal fournit sensiblement une demi-molécule d'acide benzoïque.

[2] Ces deux types de réaction peuvent d'ailleurs se rencontrer en même temps, à savoir : réduction de l'aldéhyde initial et réduction du produit de condensation.

quantitativement [1] la réaction de Cannizzaro



$$2C^6H^5-CHO+KOH \rightarrow C^6H^5-CH^2OH+C^6H^5-CO^2OK.$$

Pour éviter la réaction de Zagoumenny (mais non celle de Guerbet) on pourrait employer l'alcoolate de l'alcool correspondant à l'aldéhyde (par exemple, la potasse phénylpropylique pour le phénylpropanal, etc.). Des essais en cours nous fixeront prochainement sur ce point.

III. Certaines cétones (benzophénone par exemple) se comportent comme les aldéhydes. Nous avons pu les doser par chauffage avec la potasse benzylique N/2. 1^{mol} de benzophénone engendre $0^{mol},5$ d'acide benzoïque et nous avons pu isoler, avec d'excellents rendements, le benzhydrol, $F=67°$.

En résumé : Notre procédé de dosage des aldéhydes par la potasse benzylique n'a pas à être modifié. Il repose bien sur un processus d'oxydation et réduction mutuelles. Mais il convient de remarquer qu'il ne peut pas s'exprimer, dans tous les cas, par une simple réaction de Cannizzaro, mais bien par une suite de réactions où celles de Zagoumenny et Cannizzaro jouent le rôle principal et qui se ramènent, en dernière analyse, à l'action de la potasse sur l'aldéhyde benzoïque qui a pris naissance. Les détails expérimentaux, les applications à la préparation des alcools à partir des aldéhydes et des cétones paraîtront dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Polymérisation du cyclohexène en présence d'anhydride phosphorique.* Note de M. **Robert Truffault**, présentée par M. Delépine.

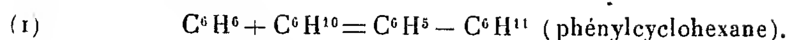
Nous avons signalé [2] que, sous l'action de l'anhydride phosphorique, le benzène et le cyclohexène pouvaient se condenser en donnant un composé à deux noyaux du type diphényle. Ce produit de condensation, hydrogéné en milieu liquide, conduit au dicyclohexyle. Nous avons émis l'hypothèse que ce produit de condensation était un mélange de phénylcyclohexane et de cyclohexylcyclohexène résultant de la superposition

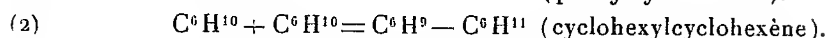
---

(1) Avec la potasse éthylique, le rendement, comme on sait, n'est pas quantitatif. C'est que l'aldéhyde résultant se résinifie, ce qui explique les colorations foncées qu'on obtient quand on chauffe les aldéhydes avec la potasse éthylalcoolique.

(2) R. Truffault, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 391; *Thèse de doctorat*, Strasbourg, 1933.

des deux réactions :


(1) $C^6H^6 + C^6H^{10} = C^6H^5 - C^6H^{11}$ (phénylcyclohexane).


(2) $C^6H^{10} + C^6H^{10} = C^6H^9 - C^6H^{11}$ (cyclohexylcyclohexène).

Le mécanisme de cette réaction serait identique à celui déjà signalé par Bodroux [1], au sujet de la condensation benzène-cyclohexène en présence de chlorure d'aluminium.

Il était intéressant d'essayer la condensation du cyclohexène sur lui-même. C'est ce que nous avons pu réaliser. Le cyclohexène se polymérise très facilement en présence d'anhydride phosphorique en fournissant essentiellement le dimère : le cyclohexylcyclohexène. Il se forme également en petite quantité le trimère et des produits de polymérisation plus avancée.

Mode opératoire. — Au cours de nos premiers essais, nous faisions bouillir le carbure en présence d'anhydride phosphorique. Nous obtenions ainsi quelques grammes d'un produit de condensation dont les caractéristiques étaient voisines de celles du cyclohexylcyclohexène, mais les rendements étaient mauvais (moins de 20 pour 100). Nous avons amélioré grandement cette préparation en nous servant d'un extracteur. La cartouche est remplie d'anhydride phosphorique. Le carbure est placé dans le ballon et porté à l'ébullition. Le dimère formé est évacué très rapidement lorsque l'extracteur se vide et échappe ainsi à une polymérisation plus avancée. On obtient de cette façon de bons rendements en dimère (80 à 90 pour 100). Nous avons pu préparer ainsi, à partir de cyclohexène près d'un demi-kilo de cyclohexylcyclohexène en utilisant seulement 25^g d'anhydride phosphorique.

Caractérisation du cyclohexylcyclohexène. — Le produit de dimérisation du cyclohexène ainsi préparé, puis, purifié par distillations dans le vide, est un liquide huileux, qui, refroidi dans la neige carbonique, donne lentement de beaux cristaux qui fondent vers — 45°. Il possède les constantes suivantes : $Eb_{760} = 238\text{-}239°$; $Eb_{12} = 103\text{-}105°$; $n_D^{20} = 1{,}493$; $D^{20} = 0{,}904$. R. M. trouvée 52,7; calculée pour le cyclohexylcyclohexène 52,74. [Les constantes du cyclohexylcyclohexène sont d'après Wallach [2] : $Eb = 237°$; $n_D^{20} = 1{,}4910$; $D^{20} = 0{,}901$]. *Analyse.* — Trouvé pour 100 : $C = 87{,}6$; $H = 12{,}4$; calculé pour $C^{12}H^{20}$: C, 87,8; H, 12,2. Poids moléculaire (cryoscopie dans l'acide acétique) : trouvé, 165; calculé, 164.

Hydrogénation. — $2^g{,}773$ de produit sont soumis à l'hydrogénation

(1) D. Bodroux, *Annales de Chimie*, 10e série, 11, 1929, p. 516.
(2) O. Wallach, *Lieb. Ann.*, 381, 1911, p. 104.

catalytique en milieu liquide en présence de nickel à la température ordinaire (solvant : hexane).

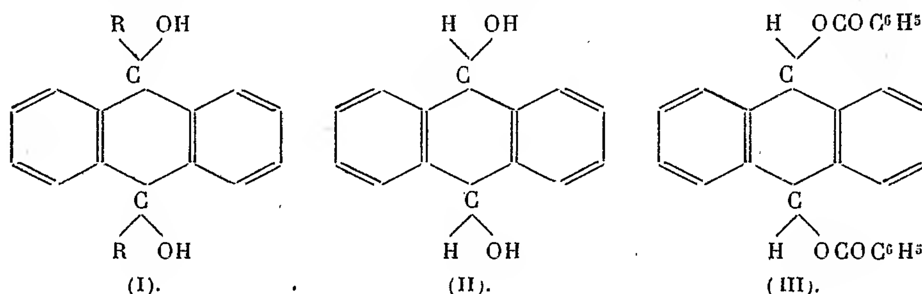
H absorbé au total : 363^{cm^3}; H théorique pour $C^6H^{11}-C^6H^9$: 379^{cm^3}. L'hydrogénation est rapide; sa vitesse est de l'ordre de celle des dérivés éthyléniques. Le produit d'hydrogénation, séparé du catalyseur et du solvant, possède les constantes suivantes : $Eb_{15} = 105°$; $F. = -1°$; $n_D^{20} = 1,4785$. Ces constantes sont très voisines de celles du dicyclohexyle : $Eb_{12} = 103\text{-}105°$; $F. = +2°,5$; $n_D^{20} = 1,4792$.

Nous avons donc pu, en présence d'anhydride phosphorique, condenser 2 molécules de cyclohexène et obtenir avec de bons rendements le cyclohexylcyclohexène, d'où un mode de préparation nouveau de ce produit. Ces condensations de carbures éthyléniques, sous l'influence de l'anhydride phosphorique, paraissent d'ailleurs être très générales. Nous avons pu polymériser de la même façon des carbures acycliques (amylène) et des carbures cycliques (terpènes). D'autre part, l'anhydride phosphorique permet de réaliser la condensation de carbures éthyléniques avec les carbures aromatiques en conduisant aux dérivés alcoylés de ces carbures. C'est ainsi que le benzène, en présence d'anhydride phosphorique, absorbe le propylène et donne le propylbenzène. Nous exposerons dans une prochaine Note les résultats obtenus à ce sujet.

Pour ces condensations, l'anhydride phosphorique n'a nullement besoin d'être renouvelé d'une opération à l'autre. Son action se poursuit sans affaiblissement appréciable. C'est un véritable catalyseur de polymérisation et de condensation des carbures non saturés. Il semble susceptible d'être utilisé également comme agent d'alcoylation des carbures aromatiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de l'un des dihydroanthranediols.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Lespieau.

Les homologues bitertiaires (I) du dihydroanthranediol peuvent exister sous deux formes *cis* et *trans*, toutes deux inactives indédoublables.



(I). (II). (III).

L'une au moins s'obtient facilement en condensant l'organomagnésien RMgBr et l'anthraquinone.

Par contre, aucune des deux formes du dihydroanthranediol lui-même (II) n'était connue jusqu'ici. En effet, l'oxydation de l'anthracène dépasse le plus souvent le but cherché, conduisant directement à l'anthraquinone, tandis que la réduction de cette dernière s'arrête avant ou après le stade diol, ou bien conduit à l'anthranol qui peut être considéré comme le produit de sa déshydratation. Les halogénures de l'anthracène, trop instables pour se laisser saponifier ou transformer en éthers-sels sans perte d'hydracide ne sont pas non plus des intermédiaires possibles.

J'ai réussi la synthèse de l'un des dihydroanthranediols au moyen du complexe iodo-argento-benzoïque (1).

Le produit de l'action de l'iode (2 atomes-gramme) sur le benzoate d'argent (2 molécules-gramme) en suspension dans le benzène a été traité à l'ébullition de ce solvant par de l'anthracène (1 molécule-gramme) pendant 12 heures. Il en est résulté un corps cristallisé fondant à 127°,5-128°, et répondant très exactement à la formule $(C^7H^5O)^n$: C pour 100 : 79,94; H pour 100 : 4,92.

C'est l'éther bibenzoïque (III), $C^{28}H^{20}O^4$, obtenu, malgré les difficultés d'extraction, avec un rendement supérieur à 50 pour 100 en corps très pur.

La saponification demande à être conduite avec beaucoup de ménagements.

La soude alcoolique forme presque exclusivement un composé jaune, cristallisable en aiguilles prismatiques, et des produits très condensés.

L'alcoolyse catalysée par des traces d'acide chlorhydrique ne donne guère que ces aiguilles jaunes.

Le bromure de méthylmagnésium, au lieu d'agir comme saponifiant, agit comme réducteur et fait retourner à l'anthracène.

Seule la baryte m'a donné un résultat positif. J'ai ajouté à froid la quantité théorique de cette base prise en solution aqueuse saturée à une solution alcoolique à 5 pour 1000 de l'éther benzoïque. Le contact fut maintenu trois jours à la température ordinaire. On n'évite pas ainsi complètement les réactions secondaires observées dans la saponification alcaline, mais, après traitement convenable du milieu réactionnel, il me fut permis d'isoler une substance soluble dans l'alcool, et dans l'eau bouillante, peu soluble dans le benzène froid. L'emploi des deux derniers solvants conduit à une purifi-

(1) Ch. Prévost, *Comptes rendus*, 196, 1933, p., 1129.

cation parfaite. Une dernière cristallisation dans le benzène a laissé déposer de longues et fines aiguilles flexibles formant un feutrage d'un blanc éclatant, très analogue à de l'ouate.

Ces cristaux répondent très exactement à la formule $(C^7H^6O)^n$: C pour 100 : 79,19, H pour 100 : 5,77, et constituent un dihydroanthranediol $C^{14}H^{12}O^2$.

Le corps n'a pas de point de fusion. Sec, il est stable jusque vers 100°; au-dessus de cette température, il jaunit. Au bloc Maquenne, dès la température de 150°, il fond, mais seulement après un certain temps; ce n'est qu'au-dessus de 180° que la fusion devient presque instantanée. Tout se passe comme si le glycol se déshydratait d'abord en anthrone (anthranol) qui, selon les auteurs, fond entre 150° et 170°. Lors d'un chauffage très lent on n'observe pas de fusion nette avant 260°; il semble que le produit se condense en substances moins fusibles, ou s'oxyde en anthraquinone.

Malgré l'absence d'un point de fusion fixe, il est permis d'affirmer que les aiguilles flexibles forment bien un corps unique, car des essais de fractionnement n'ont pas permis de séparer des portions présentant des solubilités différentes. L'oxydation permanganique transforme la substance en anthraquinone.

Quant aux aiguilles prismatiques jaunes obtenues comme produit accessoire des saponifications, elles fondent au bloc Maquenne à 250°, avec décomposition, et beaucoup plus haut lors d'un chauffage lent. Des tentatives de recristallisation les altèrent rapidement. Une analyse leur a attribué la formule $C^{28}H^{18}O^4$. Toutefois, il est prématuré d'envisager une formule développée car je ne possède aucun critère sûr de leur individualité chimique.

Il est ainsi montré que la méthode d'oxydation iodo-argento-benzoïque, non seulement peut être substituée avec avantage aux autres méthodes classiques d'oxydation dans le cas des éthyléniques insolubles dans l'eau, mais encore permet des synthèses pour lesquelles toutes ces méthodes s'étaient montrées impuissantes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nitration de l'amidon*. Note de M. **Jean Grard**, présentée par M. Lespieau.

Toutes les expériences de nitration de l'amidon déjà réalisées par différents chimistes à l'aide du mélange sulfonitrique ont porté sur la fécule à l'état pulvérulent.

De nombreuses difficultés expérimentales apparaissent alors inévitablement au cours des opérations de nitration, de filtration et de lavage; il nous a donc paru avantageux, dans cette étude, de façonner au préalable la fécule sous une forme se prêtant à des manipulations aisées. Le procédé suivant réussit : humecter d'eau la fécule jusqu'à une teneur d'environ 30 pour 100, puis la chauffer dans un autoclave à la températute de 150° pendant environ un quart d'heure; sous l'action conjuguée de la température et de la pression, elle s'agglomère en une masse plastique de consistance gommeuse. A l'aide d'un emporte-pièce, cette masse est découpée en petits cylindres que l'on introduit dans une pièce en laiton s'adaptant à une presse à sodium et comportant un orifice de filage de 2/10e de millimètre. Dans ces conditions, il est aisé d'obtenir par serrage de la vis de la presse un fil ténu d'amidon que l'on peut laisser se durcir à l'air libre ou coaguler dans l'alcool afin d'accroître sa porosité. Après dessiccation ce fil très fragile se rompt immédiatement en une multitude de petits filaments qui constituent la matière première mise en œuvre. La nitration de l'amidon s'apparente alors étroitement à celle de la cellulose.

Nous plaçant au point de vue pratique, nous avons multiplié nos essais avec un bain répondant à la formule suivante :

NO^3H	25 pour 100	le rapport de trempage étant de 1/50.
SO^4H^2........	65 pour 100	
Eau	10 pour 100	

Les durées de nitration s'échelonnaient entre 1 heure et 6 heures, la température du bain était maintenue au voisinage de 16°.

Nous avons ainsi obtenu des nitrates d'amidon dont le taux d'azote, déterminé après lavages du produit à l'eau tiède jusqu'à neutralité s'encadrait entre 11,5 et 12,5 pour 100. Ces taux d'azote sont assez voisins de ceux que présente dans les mêmes conditions la nitrocellulose. Mais là s'arrête l'analogie entre les deux nitrates : la stabilité du nitrate d'amidon appréciée selon les méthodes en usage dans les poudreries est très faible vis-à-vis de celle du nitrate de cellulose.

A ce point de vue, le nitrate d'amidon paraît se rapprocher beaucoup plus des nitrates alcooliques facilement hydrolysables (nitromannite par exemple) que la nitrocellulose.

Ses caractères physiques l'éloignent également de la nitrocellulose. Les solutions obtenues dans l'acétone, l'éther à 56°, l'acétate d'éthyle, présentent une faible viscosité. Coulées sur une surface de verre horizontale, elles abandonnent par évaporation un film sans aucune plasticité.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Mesure des indices du para-azoxyphénétol à l'état de liquide anisotrope.* Note de M. **Pierre Chatelain.**

L'azoxyphénétol est le type classique des liquides anisotropes (genre nématique) et pourtant on n'avait pas jusqu'ici déterminé de façon précise ses propriétés optiques. D'une part la valeur élevée de l'indice extraordinaire (voisin de 2) et d'autre part l'impossibilité d'obtenir des couches liquides biréfringentes d'orientation uniforme d'étendue suffisante ont fait échouer toutes les tentatives basées sur le phénomène de réflexion totale.

J'ai pu faire une étude complète des indices grâce aux anneaux de Newton obtenus en interposant le liquide entre une lentille plan convexe et un plan de verre, et en éclairant convenablement la préparation.

Une circonstance favorable facilite ce travail : avec de la lumière naturelle on observe un et non deux systèmes d'anneaux comme on pourrait s'y attendre. C'est que l'indice ordinaire (le plus petit) étant voisin de celui du verre, le pouvoir réflecteur correspondant est nul. En semi-platinant les lames on obtient cette fois les deux systèmes d'anneaux qui donnent les phénomènes de battements habituels et qui permettent, connaissant le grand indice, de calculer aisément le petit.

Avec une lentille de 2^{cm} de rayon, on observe une cinquantaine d'anneaux circulaires presque toujours très réguliers. Ce fait prouve que le plus souvent l'axe des molécules se place parallèlement au plan de verre et que le phénomène n'est perturbé ni par le non-parallélisme des diverses plages ni par l'arrangement hélicoïdal des molécules, tant que l'épaisseur ne dépasse pas 20^{μ}.

En utilisant une méthode photographique et en prenant un certain nombre de précautions (constance de la température et du grandissement), on a par cette méthode une précision relative de 1/400e, précision qui peut atteindre 1/1000e lorsque le liquide est isotrope et que les lames sont semi-platinées car les anneaux sont plus fins.

Les résultats pour les diverses longueurs d'onde sont réunis dans le tableau ci-contre.

Ce corps est donc très biréfringent et sa biréfringence varie rapidement avec la température et la longueur d'onde. On constate une dispersion anormalement grande de l'indice extraordinaire; cela correspond à une bande d'absorption pour cette vibration plus voisine du spectre visible que

celle qui correspond à la vibration ordinaire, à ce phénomène est lié le dichroïsme intense de ce cristal liquide.

		Liquide anisotrope.					Liquide isotrope.	
Températures........		135°.	145°.	155°.	160°.	165°.	167°.	185°.
$\lambda = 0^{\mu},650$	n_e......	1,815	1,800	1,777	1,753	1,726	1,598	1,588
	n_0......	1,507	1,512	1,516	1,520	1,528		
$\lambda = 0^{\mu},546$	n_e......	1,862	1,846	1,816	1,792	1,765	1,615	1,603
	n_0......	1,531	1,534	1,540	1,544	1,549		
$\lambda = 0^{\mu},485$	n_e......	1,946	1,923	1,886	1,860	1,828	1,667	1,656
	n_0......	1,564	1,568	1,576	1,582	1,590		
$\lambda = 0^{\mu},436$	n_e......	2,135	2,106	2,040	2,010	1,975	1,733	1,720
	n_0......	1,592	1,598	1,610	1,618	1,628		

L'indice médian donné par la formule $n = n_e + 2n_0/3$ satisfait bien à la relation

$$\frac{n^2-1}{n^2+2}\,\frac{1}{d} = \text{const.},$$

la valeur de la constante étant déterminée au moyen des nombres trouvés pour l'indice du liquide isotrope.

Les quotients $n_e - n_0/n'_e - n'_0$ et $n_e^2 - n_0^2/n_e'^2 - n_0'^2$ (n_e et n_0, n'_e et n'_0 étant les indices pour les longueurs d'onde Λ et $0^{\mu},546$) sont indépendants de la température, leurs valeurs en fonction de la longueur d'onde sont données par le tableau suivant :

Λ.	$0^{\mu},650$.	$0^{\mu},546$.	$0^{\mu},485$.	$0^{\mu},436$.
$\dfrac{n_e - n_0}{n' - n'_0}$..........	0,92	1	1,13	1,63
$\dfrac{n_e^2 - n_0^2}{n_e'^2 - n_0'^2}$..........	0,90	1	1,16	1,79

On peut donc écrire les fonctions de la température et de la longueur d'onde représentant les variations des quantités $n_e - n_0$ et $n_e^2 - n_0^2$ sous les formes :

$$n_e - n_0 = f_1(t)\,g_1(\lambda),$$
$$n_e^2 - n_0^2 = f_2(t)\,g_2(\lambda).$$

Ce résultat est en accord avec un résultat analogue énoncé par Van Wijk (¹) pour des mesures de biréfringence de l'azoxyanisol faites dans le champ magnétique.

(¹) Van Wijk, *Thèse*, Utrecht, 1929.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Radioactivité de l'air en montagne.*
Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Ch. Maurain.

J'ai montré (1) que l'air de l'habitation de l'Observatoire du Pic du Midi, station d'altitude (2860^{m}), présentait, pendant la longue période d'enneigement, une activité du type radon beaucoup plus grande que pendant l'été.

De nouvelles mesures ont été faites dans les environs du Pic au moyen d'un appareil portatif, ou à la station, par enregistrement continu automatique.

1° *Appareil portatif.* — Il est constitué essentiellement par un vase cylindrique étanche en zinc, de volume 2990^{cm^3}, au milieu duquel est un très petit électroscope à feuille d'or. On remplit le vase avec de l'air soigneusement séché et filtré, prélevé sur les lieux de l'expérience. L'appareil est étalonné en curie par litre, à la pression locale de 540^{mm} et à la température de $+15°$ C.

Un grand nombre de mesures ont été faites, soit sur l'air ambiant, soit sur l'air inclus entre la couche de neige et le sol, au Pic et dans ses environs.

Le tableau suivant donne quelques-uns des résultats obtenus :

Époque (1934).	Teneur en 10^{-9} curie par litre (540^{mm} +15° C.).	Temps, vent, enneigement des terrasses du Pic.
5 janvier [1]...	0,111 à 0,620	Brouillard, neige. NE fort. 2^{m}
août [1]......	0,0001 à 0,0005	(Période sans neige)
7 novembre [1].	0,020	Tourmente. W fort. 0^{m},30
9 janvier [2]...	0,255	Beau. NE modéré. 2^{m}
11 janvier [2]...	0,0059	Tourmente. NW modéré. 2^{m}
15 janvier [3]...	0,744	Très grosse tourmente. NW très fort. 2^{m}
13 janvier [4]...	0,0077	Tourmente. NW fort. 3^{m}
31 janvier [4]...	0,028	Beau. NE fort. 2^{m},30
14 février [4]...	0,248	Beau. NE modéré. 2^{m},30
24 février [4]...	0,0062	Neige. W à SW modéré. 2^{m},20
1er février [5]..	0,016	Grosse tourmente. NW très fort. 2^{m},70
2 février [5]...	0,014	Tourmente. NE modéré. 2^{m},60
6 février [5]...	0,00014	Ciel pur. NE modéré. 2^{m},60
9 novembre [5].	0,002	Ciel couvert. SW très fort. 0^{m},50
12 novembre [5].	0,055	Tourmente. NW très fort. 0^{m}50

Lieux. — [1], Station du Pic. [2], Abri creusé sous neige SE 2600^{m}. [3], Sous la neige NE pic Costallat. [4], Sous la neige, ravin glacé versant E, crête E Pic du Midi. — Air libre côté S de la crête de l'Observatoire, mesures faites sur une longueur de crête de 200^{m}.

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 494.

2° *Enregistrement continu.* — L'air aspiré entre la couche de neige et le sol, côté S du Pic, circule à faible vitesse (10^l à l'heure) dans un récipient métallique de 30^l, après avoir été privé de l'humidité et des ions gros et petits.

Par une méthode électrométrique automatique, que je décrirai ultérieurement, on enregistre directement la teneur moyenne en radon de l'air aspiré.

Les résultats généraux sont, pour la période d'enneigement :

a. Variations très irrégulières de la teneur en radon (1 à 10000), aucun parallélisme avec les variations de pression et de température, aucune périodicité.

b. Teneur maxima ($0,7.10^{-9}$ curie par litre aux conditions locales) et minima (0,0001) se présentant par vent de direction bien déterminée (NW et E à NE).

c. Les teneurs maxima ont toutes la même valeur et sont indépendantes de l'épaisseur de la neige.

d. Ces teneurs maxima, qui se présentent pour la station du Pic par vent de NW, semblent apparaître sur les courbes d'enregistrement d'autant plus fréquemment que l'enneignement est plus considérable.

Il faut remarquer que le vent de NW, faisant apparaître la teneur maxima en radon au Pic, est caractéristique du mauvais temps. Au contraire, on a vu que, sur des points différents (mesures du 9, 11, 13 et 31 janvier 1934, 14 et 24 février 1934), la teneur maxima a lieu pour un vent de beau temps (NE), alors que la teneur minima a lieu pour le vent de NW.

Conclusion. — 1° La teneur en radon de l'air inclus sous la couche de neige, au Pic et en son voisinage, dépend essentiellement de la direction du vent.

2° La neige joue le rôle de couche semi-imperméable. Le radon, formé à l'intérieur du sol et retenu par l'enneigement des pentes, se dégage abondamment par la crête sur laquelle la station du Pic est construite, dans la direction opposée à celle d'où souffle le vent.

Les mesures comme celles des 1er et 2 février, 9 et 12 novembre 1934 permettent d'évaluer grossièrement la quantité de radon dégagée par la crête, sur une longueur de 200^m et une hauteur de 10^m. On trouve 1 curie par heure. Un tel dégagement ferait intervenir une masse considérable de roches (10^8 tonnes) si l'on pouvait admettre que la teneur de celles-ci en radium est normale ($1,5.10^{-12}$ gr/gr) et que le radon produit ne forme pas d'occlusion.

CLIMATOLOGIE AGRICOLE. — *Sur un indice caractérisant la sécheresse du point de vue agronomique.* Note [1] de MM. **Henri Geslin** et **Jean Servy**, présentée par M. Ch. Maurain.

Pour déterminer le degré d'aridité d'une région, plusieurs formules simples ont été proposées. En géographie physique ou en pédologie, on a surtout utilisé les rapports annuels ou mensuels des précipitations à la température, à l'évaporation ou au déficit de saturation : P/T, P/E, P/S.

Du point de vue agricole, pour caractériser *le facteur sécheresse*, la considération de ces rapports, en eux-mêmes, est insuffisante. En effet, d'octobre à mars se constituent les réserves d'eau du sol, qui seront utilisées ensuite par la plante pour activer sa croissance; les pluies tombant au cours de la période active de la végétation s'opposent simplement à leur épuisement trop rapide. Pour tenir compte de ces effets cumulatifs du climat et avoir une idée de cet épuisement progressif du sol, il nous a paru indiqué de totaliser, à partir du mois d'octobre, les indices de sécheresse mensuels, en divisant successivement ces sommes, par le nombre de mois écoulés.

Nous avons utilisé successivement les rapports pluies/température (indice d'aridité de E. de Martonne) (*fig.* 1) et pluies/évaporation [2] (*fig.* 2 et 3). Les courbes des différents graphiques correspondent aux années 1932-1933-1934 et aux observations faites au Centre national de recherches agronomiques de Versailles; à titre de comparaison est figurée la courbe relative à Marseille (année 1933).

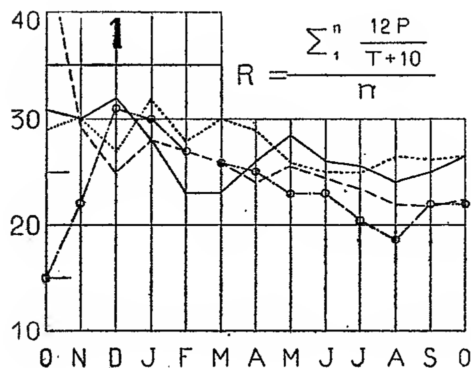
L'examen du graphique 1 conduirait à attribuer pour ces trois années, à Versailles, un régime climatique voisin de celui de Marseille en 1933, sans toutefois que l'on atteigne la sécheresse ($R < 20$); 1933 apparaît comme plus sèche que 1934.

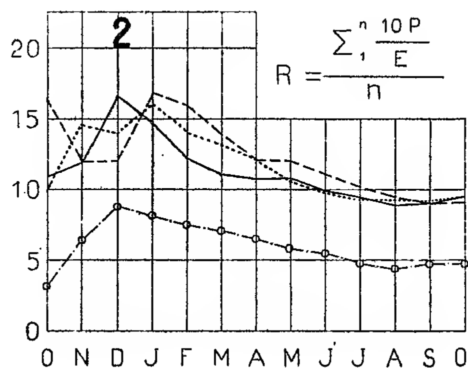
L'étude de l'indice P/E (*fig.* 2, indices totalisés comme précédemment) est plus suggestive et permet de différencier le climat de Versailles de celui de Marseille. Alors que pour ces deux stations et les années considérées, les pluies annuelles sont du même ordre, l'évaporation mesurée à

(1) Séance du 21 janvier 1935.

(2) Pour raison de commodité, les rapports P/E sont multipliés par 10. De même, pour les mois d'hiver, en l'absence d'observations directes, on a admis un chiffre mensuel de 10^{mm}.

l'évaporomètre de Piche, atteint 1600mm à Marseille contre 800mm à Versailles. Du point de vue sécheresse, 1931 et 1932 sont cette fois plus sèches que 1933.



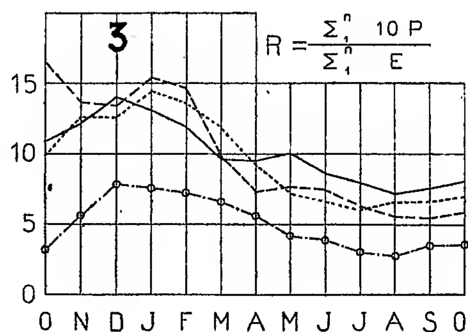


P = pluie mensuelle en m/m.
E = évaporation mensuelle en m/m
T = température mensuelle en °C.

n = nombre de mois écoulés depuis le mois d'Octobre precedent

VERSAILLES: 1932 ——— 1933 - - - -
1934 ....
MARSEILLE : 1933 o—·—o

Guenot.



Mais, partir des rapports mensuels P/E que l'on totalise ensuite revient à établir une sorte de discontinuité entre les différents mois, peu adéquate à la réalité : Pour un mois sans pluie, en effet, P/E serait égal à zéro quelle que soit la valeur de E, et pourtant, la possibilité de la sécheresse ultérieure sera d'autant plus grande que E aura été plus élevée. C'est pourquoi, nous proposons de considérer le rapport ΣP/ΣE (*fig.* 3) qui tient compte de la continuité du phénomène de l'évaporation.

Les années se classent alors, tout au moins pour la période la plus intéressante de mai à juillet, dans l'ordre suivant : 1932, 1933, 1934, ce qui rend compte, à l'inverse des rapports précédents, des faits tant physiques que biologiques observés. Ainsi, l'humidité du sol qui était, en juillet 1932, de 21 pour 100 dans les trente premiers centimètres (terre cultivée en blé),

tombe à 16,4 pour 100 en 1933 et 9,4 pour 100 en 1934. De même le drainage des cases lysimétriques du Centre national de Recherches agronomiques, a cessé respectivement les 1er juin, 10 mars et 23 mars, correspondant sensiblement à la même valeur, 9,5 du rapport $\Sigma P/\Sigma E$. Enfin, les blés de 1934 ont subi un début d'échaudage qui n'a été observé ni en 1933, ni en 1932.

L'emploi de l'indice $R = \Sigma_1^n P/\Sigma_1^n E$ nous paraît donc devoir être retenu en agronomie comme étant particulièrement significatif. Toutefois, pour un lieu donné et relativement à une culture déterminée, l'indice caractérisant le début de la sécheresse (indice de tendance) dépendra d'une part de la nature et de l'état du sol (perméabilité et capacité de retention pour l'eau), d'autre part de la nature et de l'état de développement de la plante considérée (coefficient de transpiration et coefficient de flétrissement). A Versailles, nous avons vu que l'arrêt du drainage, pour le sol étudié, a lieu pour l'indice 9,5, chiffre voisin de 10, lequel indique le moment où l'évaporation, mesurée au Piche, égale les précipitations. De même, pour le blé, dans nos terres de limon, l'indice de tendance semble voisin de 6, ce qui correspond à une humidité du sol, dans les trente premiers centimètres de 9 pour 100, chiffre qui concorde avec les taux de flétrissement observés expérimentalement.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Gélification des protides par les acides.* Note (1) de M. **W. Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

Nous avons démontré que la gélification du sérum par l'acide lactique (2) et par les acides en général (3) est due, surtout et avant tout, à la gélification des globulines sériques; en effet, les albumines se gélifient beaucoup plus lentement : dans nos expériences, le rapport entre le temps de gélification des premiers et celui des derniers était de 1 à 300 (4).

Étant donné, d'une part, le fait que la gélification précède immédiatement la coagulation du sérum par les acides et, d'autre part, la réalité des

(1) Séance du 21 janvier 1935.
(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1271.
(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 266.
(4) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2282.

coagulations gélatineuses, observées par Piettre et par Hekma pour le fibrinogène, par Isgaryschew et par M. Fischer pour la caséine, nous avons cherché à provoquer la gélification des divers protides par les acides.

Partie expérimentale. — Nous avons préparé des dispersions de caséine, de mucine, de fibrine, de globuline, de myxoprotéine et d'albumine dans la soude caustique M/100, dont voici les caractères physiques :

TABLEAU I. — *Caractères physicochimiques des protides à 20°,0 C.*

Protides.	Provenance.		Densité.	Tension superfic.	Viscosité.	Conduc. électr.	pH⁻.
Albumine.........	Sérum, bœuf	2,5 %	1,004	71,6	1,16	$5,5.10^{-4}$	8,5
Myxoprotéine......	»	»	1,004	71,6	1,54	3,7 »	8,6
Globuline..........	»	»	1,004	66,0	1,35	2,9 »	8,7
Caséine...........	Lait, vache	»	1,006	55,8	1,67	4,0 »	5,8
Fibrine............	Sang, cheval	»	1,007	60,8	2,60	31,0 »	8,3
Mucine............	Salive	»	1,005	60,9	2,80	6,0 »	7,0
Mucine............	Exsudat art., bœuf	7,5	1,019	48,9	3,90	166,0 »	8,6
Peptone-séricine...	Hoechst	3,0	1,010	61,2	1,06	1,4 »	6,1

Résultats. — Le temps de gélification par l'acide lactique en concentration 1M à 2M a été fixé sans tenir compte de l'évaporation, non négligeable dans les expériences dont la durée dépassait parfois un mois (Tableau II).

TABLEAU II. — *Gélification des protides par l'acide lactique à 20°C.*

Protides.	Concentration.	Dispersion.	Temps de gélification (heures). 1,0M.	1,5M.	2,0M.
Albumine.........	5,0 %	NaOH M/100 + NaCl 3,0 ‰	400	260	210
Myxoprotéine....	»	»	330	210	–
Globuline........	»	»	120	72	15
Caséine..........	»	»	400	310	430
Fibrine..........	»	»	210	–	–
Mucine..........	»	»	550	290	430
Albumine........	»	NaOH M/100	–	480	410
Myxoprotéine....	»	»	–	400	340
Globuline........	»	»	–	240	190
Caséine..........	»	»	–	480	620
Mucine..........	»	»	–	1300	–
Mucine..........	10,0 %	»	–	260	580

Nous avons en outre expérimenté les dispersions du fibrinogène, de la nucléine et de l'élastine; mais avec les concentrations obtenues (1,0 à 2,5 pour 100) la gélification n'a pu être observée, même avec des doses doublées d'acide lactique (4M). Enfin nous avons fait des dispersions des globulines dans l'iodure de potassium à 5,0 pour 100; elles se font aisément et, chose intéressante, leur gélification est alors très rapide : la globuline à 5 pour 100 se gélifie en 5 minutes par l'acide lactique en concentration finale M/40.

Analogies. — Il est important de souligner que les gels protidiques présentent des analogies étroites avec ceux des sérums divers :

1° ils se liquéfient par l'ébullition, et se reforment par refroidissement;

2° ils se liquéfient par la dialyse et se reproduisent par l'addition nouvelle de l'acide, éliminé au cours de ce processus;

3° ils se gélifient par d'autres acides que l'acide lactique : ainsi, la globuline sérique à 7,5 pour 100, dispersée dans $NaOH$ M/100 additionnée de $NaCl$ à 0,3 pour 100, se gélifie en 6 jours par l'acide HCl M/5;

4° la dose gélifiante d'un acide précède immédiatement la dose coagulante : par exemple, avec l'acide chlorhydrique M/4, la gélification de la globuline est imparfaite et s'accompagne d'une coagulation abondante;

5° tout comme avec du sérum, l'influence accélératrice des électrolytes est manifeste : ainsi, la même globuline, en dispersion alcalino-saline, se gélifie en 72 heures, tandis qu'en dispersion alcaline pure seulement en 240 heures.

D'autres analogies entre la gélification des protides et celle du sérum ont été déjà signalées dans le premier travail publié à ce sujet, notamment en ce qui concerne le rôle de la tension superficielle, de la viscosité, des suspensions, etc. [1].

Conclusions. — 1° La gélification du sérum par les acides est due à ses protides et surtout à sa richesse en globulines;

2° La gélification par les acides s'observe avec les protides en général, à en juger par les exemples choisis; c'est un caractère typique des protides;

3° La dose gélifiante précède immédiatement la dose coagulante;

4° La gélification est un phénomène entièrement réversible : l'agitation mécanique, le chauffage et la dialyse liquéfient les gels formés;

5° La rapidité de gélification des protides est caractéristique pour chacun d'eux; les voici rangés par ordre croissant : mucine, caséine, albumine,

---

[1] *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1947.

myxoprotéine, fibrine et globuline. Ces différences ne peuvent pas s'expliquer par leurs caractères physiques, tels que la tension superficielle, la viscosité, la réaction réelle, dont l'importance dans le phénomène de la gélification a été démontrée dès le début de nos recherches (*loc. cit.*, p. 1947).

6° Il existe, en outre, une autre différence entre les divers protides : la rapidité de la gélification est proportionnelle, pour certains d'entre eux, à la concentration en acide, tandis que pour d'autres (mucine et caséine en particulier) il semble exister une concentration optimale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition chimique des os : cas du fémur de cheval.* Note [1] de M. **Lazare Silberstein**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

D'après Frémy [2] et d'après A. Carnot [3], le rapport entre le phosphate et le carbonate de calcium existant dans les os doit être exprimé par 3 molécules environ du premier contre 1 du second, Gabriel [4], analysant les cendres des os, leur attribue la formule $Ca^3(PO^4)^2 + Ca^5 HP^3 O^{13} + aq$. Klement [5] affirme que la substance osseuse est composée principalement de phosphate de calcium basique de formule $3Ca^3(PO^4)^2.Ca(OH)^2$ ou mieux $Ca^{10}(PO^4)^6(OH)^2$. Gassmann [6] suppose que la matière minérale de l'os est composée, en grande partie, d'un complexe du type des apatites. Morgulis [7] pense à la possibilité d'existence d'un complexe du type $Ca[\{Ca^3(PO^4)^2\}^6](OH)^2$. Enfin, Bogert et Hastings [8] supposent que le principal constituant de l'os est $CaCO^3.nCa^3(PO^4)^2$, où n est voisin de 2.

Devant ces assertions contradictoires, nous avons pensé qu'il serait utile d'examiner de nouveau la question, d'autant plus que la plupart des chercheurs ont effectué les dosages soit directement sur les cendres, soit en utili-

(1) Séance du 14 janvier 1935.

(2) *Ann. Ph. et Ch.*, **43**, 1855, p. 47.

(3) *Comptes rendus*, **114**, 1892, p. 1189.

(4) *Z. physiolog. Ch.*, **18**, 1894, p. 257.

(5) *Z. physiol. Ch.*, **184**, 1929, p. 132, et **213**, 1932, p. 263.

(6) *Z. physiol. Ch.*, **70**, 1910, p. 161; **83**, 1913, p. 403; **90**, 1914, p. 250; **178**, 1928, p. 62, et **192**, 1930, p. 61.

(7) *J. Biol. Chem.*, **93**, 1931, p. 455.

(8) *J. Biol. Chem.*, **94**, 1931, p. 473.

sant la méthode de Gabriel (*loc. cit.*). Celle-ci consiste à chauffer les os à 200° avec du glycérol, contenant 3 pour 100 de KOH. La première méthode altère, comme on le sait, la composition initiale de la matière. Le chauffage avec le glycérol alcalinisé ne laisse pas non plus la matière intacte ([1]).

Nous avons utilisé pour nos recherches le fémur de cheval. L'os, débarrassé de la substance adhérente et de la graisse, a été réduit en poudre fine et desséchée à + 105° jusqu'à poids constant. Dans la matière ainsi préparée nous avons dosé les cendres, le S, le P, le Cl, le CO^2, le Ca, le Mg, le Na, le K, le Fe et l'Al. D'autre part, ayant épuisé à froid l'os desséché avec de l'acide chlorhydrique au 1/10e, nous avons dosé le S, le P, le Ca et le Mg dans la partie soluble ainsi que dans la partie insoluble.

Le S et le P ont été dosés par la méthode mixte de G. Bertrand ([2]). Le Ca a été séparé à l'état d'oxalate et le Mg à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. Le CO^2 a été déterminé pondéralement après l'absorption par la potasse dans un tube de Liebig. Le K et le Na ont été dosés, le premier à l'état de perchlorate et le second d'acétate triple de Streng ([3]). Enfin, l'ensemble Fe-Al a été isolé sous forme de phosphate et le Cl à l'état de chlorure d'argent.

Les résultats, rapportés à 100 de matière sèche, sont résumés dans ce tableau.

Dosage de	Dans l'os total.	Dans la fraction soluble dans HCl au 1/10e à froid.	Dans la fraction insoluble dans HCl au 1/10e à froid (osséine).
Cendres	70,20	–	–
Soufre	0,1305	0,0412	0,0879
Phosphore	11,3740	11,3740	0,0210
Calcium	26,2000	26,1700	0,0280
Magnésium	0,2300	0,2130	0,0216
Sodium	0,3886	–	–
Potassium	0,0211	–	–
Fer + Aluminium	0,0524	–	–
Acide carbonique	4,1800	–	–
Chlore	0,1855	–	–
Fluor	0,1000*	–	–

* Moyenne d'après A. Gautier et A. Carnot.

([1]) LORAH, TARTAR et WOOD, *J. amer. Ch. Soc.*, 51, 1929, p. 1097.

([2]) *Caoutchouc et gutta-percha*, 4, 1907, p. 1201; et G. BERTRAND et L. SILBERSTEIN, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 886.

([3]) G. BERTRAND, *Ann. Sc. agr.*, 46, 1929, p. 1.

On peut conclure d'abord de ces résultats que l'osséine ne contient ou ne retient que des traces de P, de Ca et de Mg.

D'autre part, on ne peut pas admettre que la substance osseuse soit composée principalement de phosphate de calcium basique, car, dans ce cas, la plus grande partie du CO^2 ne serait pas combinée faute de métaux.

En supposant que tout le P et tout le CO^2 sont combinés au Ca, les nombres de molécules de $(PO^4)^2Ca^3$ et de CO^3Ca sont dans un rapport voisin de 2 à 1, exactement 1,93. Il y a dans ce cas un excès de $0^g,352$ de Ca. En outre, le K, le Fe + Al et une partie du Na sont saturés par S, Cl et F (l'excès de Na est probablement combiné à un acide organique). Quant au $0^g,213$ de Mg, il est vraisemblable que cette petite quantité de métal est entièrement combinée au P. Le rapport précédent 1,93 à 1 en est à peine modifié, mais alors au lieu de $0^g,352$ il y a un excès de $0^g,703$ de Ca. La totalité des acides étant déjà saturée, cet excès de Ca ne peut être que sous la forme de $Ca(OH)^2$.

En résumé, la partie minérale du fémur de cheval est surtout formée de phosphate et de carbonate de calcium auxquels s'ajoutent de l'hydrate de calcium et de petites quantités d'autres sels. Si les deux premiers sels sont à l'état de combinaison et non de mélange, ce qui reste encore à prouver, le principal constituant de la substance minérale des os est $[(PO^4)^2Ca^3]^2.(CO^3Ca)$.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'eau dense (oxyde de deutohydrogène) sur la germination d'un pollen.* Note de MM. **Lucien Plantefol** et **Georges Champetier**, présentée par M. G. Urbain.

La découverte de l'eau dense pose de nombreux problèmes aux biologistes. Peut-elle remplacer l'eau dans la constitution et le fonctionnement de la matière vivante ? Est-elle abiotique, ne fournissant pas les conditions physicochimiques nécessaires à la vie ? Est-elle toxique, de faibles concentrations altérant la matière vivante ou empêchant ses fonctions ? L'enquête commencée en 1933 en Amérique écarte l'idée de toxicité, mais suggère que l'eau dense est abiotique. Les expériences de G. N. Lewis [1],

---

[1] *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 3503.

H. S. Taylor, W. W. Swingle, H. Eyring et A. H. Frost [1], E. N. Harvey [2] montrent que dans de fortes concentrations (92 à 97 pour 100), si des Bactéries peuvent demeurer en vie, les Protozoaires et Vertébrés de petite taille meurent rapidement, les graines se refusent à germer.

L'analyse de l'action exercée par l'eau dense nous a paru devoir être faites sur le matériel relativement simple et très réactif que fournit le grain de pollen : sa germination, déclenchée par la pénétration de l'eau, est étudiée *in vitro* en chambre humide. On sait que cette germination exige l'imbibition d'un protoplasme partiellement desséché, des oxydations respiratoires, une dégradation diastasique des réserves du grain, des synthèses (celle au moins des constituants de la membrane limitant le tube pollinique); de plus elle manifeste des phénomènes d'organisation. Nous avons choisi le pollen de *Narcissus papyraceus* Ker. (Baker), matériel très sensible, puisqu'il germe dans l'eau pure (au minimum un tiers des grains) et beaucoup mieux (parfois tous les grains) dans l'eau sucrée à 10 pour 100.

L'eau dense utilisée a été obtenue par électrolyse de solution sodique à 2 pour 100, contenant au départ 1/5000 d'eau dense. Aux étapes successives de la concentration électrolytique, le produit a été soigneusement purifié par distillations répétées sur permanganate de potassium, sur baryte et par une ultime distillation. La teneur en eau dense a été déterminée par des mesures d'indice de réfraction.

Une série d'expériences sans sucre (c'est-à-dire dans les conditions physiologiques les plus défavorables) a montré que l'eau dense ne remplace pas parfaitement l'eau dans la germination. Le pollen s'y imbibe. Il n'est pas inerte comme dans une solution toxique; souvent il se vacuolise. Ce phénomène manifeste l'état de vie et la réaction à l'imbibition produite par l'eau dense.

Dans les dilutions à 57 et 18 pour 100, le pollen germe. Suivant les fleurs, la germination est plus lente que dans l'eau ou aussi rapide, même à 57 pour 100 (un pollen très actif y a donné, en 2 heures 40 sur 100 grains, 72 germinations, et 67 dans l'eau normale). Le développement des tubes polliniques est toujours plus considérable à 18 pour 100 que dans l'eau; à 57 pour 100, il y a, suivant les lots de pollen, diminution nette ou amélioration (dans l'expérience citée, prenant pour unité la longueur moyenne

(1) *J. Chem. Phys.*, 1, 1933, p. 751.
(2) *Biol. Bull.*, 66, 1934, p. 91.

d'un grain, les maxima sont : eau : 9; 57 pour 100 : 15, et les valeurs les plus fréquentes : eau : 2 à 4; 57 pour 100 : 5 à 8). La différence principale porte sur les phénomènes d'hydrolyse : rapides en présence d'eau normale, ils élèvent la pression osmotique, et par suite l'appel d'eau, au point d'amener l'éclatement de nombreux grains, germés ou non (43 éclatements sur 100 grains en 2 heures 40). En présence d'eau dense, les éclatements sont rares (6 sur 100 grains); aussi la croissance se poursuit-elle, et les tubes polliniques atteignent-ils une longueur plus grande.

En présence de sucre à 10 pour 100, concentration optima pour la germination dans l'eau normale, tous les résultats sont améliorés, et la germination se produit même dans l'eau dense. Dans les meilleures préparations obtenues à 0, 18, 57 et 98 pour 100 d'eau dense, les pourcentages de germination ont été : 86, 64, 87 et 18. Le départ de la germination, de même vitesse à 57 et à 0 pour 100, est plus lent à 98 pour 100. L'optimum d'allongement des tubes polliniques a été fourni par la concentration de 57 pour 100. Dans l'eau dense (98 pour 100), les tubes sont demeurés courts, le maximum rencontré ayant été 9 unités.

Si l'on rapproche de ces résultats ceux que fournit sur le même matériel l'action d'un toxique tel que le sulfate de cuivre, qui empêche toute germination aux concentrations 5×10^{-5} en l'absence de sucre, 10^{-4} en présence de sucre, on voit qu'on ne peut parler de toxicité à propos de l'eau dense.

Il faudrait être assuré que la présence de 2 pour 100 d'eau normale (ajoutée à celle que renferme le pollen sec) suffit à modifier les résultats, pour envisager l'eau dense comme totalement abiotique. Ses propriétés physicochimiques lui permettent l'imbibition de la matière vivante; elles semblent rendre moins rapides les réactions auxquelles normalement l'eau participe. De là, sans doute, l'action favorisante qu'une certaine teneur en eau dense exerce sur la germination du pollen, et la mort des organismes relativement complexes qui ont surtout été pris comme tests dans l'étude des propriétés biologiques de l'eau dense.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 26 décembre 1934.)

Note de M. *H. Deslandres*, Relation simple et générale du spectre moléculaire avec les électrons et anneaux d'électrons des atomes constituants :

Page 1544, ligne 12, *au lieu de* OH^2 et PH, *lire* OH^2 et FH; ligne 20, *au lieu de* $d_1/s'_1 \times '_2$, *lire* $d_1/s'_1 \times s'_2$.

Page 1546, ligne 18, *au lieu de* $ClCH^3$ et $SHCH^3$, *lire* ClC^6H^5 et SHC^6H^5.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

Ouvrages reçus pendant les séances de décembre 1934.

Les réseaux de transmission d'énergie. Réglage et stabilité. Surintensités. Surtensions. Protection sélective, par Jean Fallou. Paris, Gauthier-Villars, 1935 ; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Paul Janet.)

Les problèmes de la radiogéologie, par W. Vernadsky. Paris, Hermann et Cie, 1935 ; 1 vol. 25cm,5.

Description géométrique détaillée des Alpes françaises. Tome X : *Massifs du Champsaur, du Dévoluy, des Écrins et du Pelvoux*, par Paul Helbronner. Paris, Gauthier-Villars, 1935 ; 1 vol. 34cm.

Ammonites du Domérien de la région Sud-Est de l'Aveyron et de quelques régions de la Lozère à l'exclusion des Amaltheidés, par J. Monestier. In *Mémoires de la Société géologique de France*, nouvelle série, tome X, fasc. 3. Feuilles 22 à 34. Mémoire no 23, Pl. I à XI. Paris, Siège de la Société géologique, 1934 ; 1 vol. 33cm.

La renaissance de la médecine humorale, par Auguste Lumière. Lyon, imprimerie Léon Zézanne, 1935 ; 1 vol. 22cm,5.

La cémentation des produits métallurgiques et sa généralisation. Tome II : *Généralisation de la cémentation*, par Léon Guillet. Paris, Dunod, 1935 ; 1 vol. 25cm,5.

Physique du sol. Conférence tenue au Centre national de recherches agronomiques de Versailles, du 2 au 5 juillet 1934. Paris, Imprimerie Nationale, 1934 ; 1 vol. 25cm,5.

L'Académie des sciences de l'Institut de France, par Pierre Gauja. Paris, Librairie-Imprimerie Gauthier-Villars, 1934 ; 1 vol. 28cm,5.

Une même équation pour le champ électromagnétique et le champ gravitationnel, par Santiago Antunez de Mayolo. Lima, chez l'auteur, 1934 ; 1 fasc. 24cm,5.

Indici Analitici, par Giotto Dainelli. In *Spedizione Italiana de Filippi nell'Himalaia, Caracorium e Turchestan Cinese* (1913-1914). Série II, Vol. XII, Bologna, Nicola Zanichelli, 1934 ; 1 vol. 31cm.

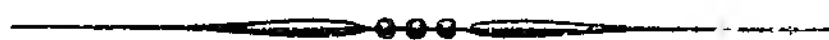
Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco.

Fascicule LXXXVIII : *Tuniciers pélagiques provenant des croisières du Prince Albert Ier de Monaco*, par Hervé Harant et Paulette Vernières ;

Fascicule LXXXIX : *Liste générale des stations des campagnes scientifiques du Prince Albert de Monaco avec notes et observations*, par Jules Richard. Imprimerie de Monaco, 1934; 2 vol. 36^{cm}.

French Science and its Principal Discoveries since the Seventeenth Century, par Maurice Caullery; 1 vol. 19^{cm},5.

Aperçu historique des progrès de la botanique depuis cent ans (1834-1934), par J. Costantin. Paris, Masson et Cie, 1934; 1 vol. 25^{cm},5.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 FÉVRIER 1935.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

J'ai la triste mission de vous annoncer la mort du professeur **Charles Flahault**, survenue le 3 février à Montpellier.

Le célèbre botaniste français était né à Bailleul (Nord) en 1852; il était devenu l'un de nos Membres non résidants en 1918.

La nouvelle de son décès, qui vient seulement de me parvenir, ne m'aurait pas permis de retracer aujourd'hui les principales étapes de sa belle carrière scientifique, si je n'avais été amené par les circonstances à suivre de très près cette carrière presque depuis ses débuts : ce sont donc, pour une part, des souvenirs personnels que je me propose d'évoquer devant vous.

Ce fut Decaisne qui, au Muséum, reconnaissant les aptitudes particulières de Flahault et sa grande intelligence, lui donna avec dévoûment des leçons particulières et ensuite lui fit un devoir de quitter l'emploi subalterne qu'il occupait dans son service pour se consacrer à de plus hautes études.

Notre jeune naturaliste fut amené ainsi à travailler dans le laboratoire de Van Tieghem : celui-ci, à ce moment, s'occupait d'anatomie végétale qui était alors en grand honneur. L'élève devait donc tout naturellement porter ses premiers efforts du côté de l'anatomie, et là il montra ses grandes qualités d'observateur habile et consciencieux.

L'étude anatomique de près de 350 espèces de Phanérogames sur le mode d'accroissement de la racine permit à Flahault de reconnaître que cet

organe de la plante possède un développement différent, selon qu'il s'agit de Dicotylédones ou de Monocotylédones : les résultats de ce premier travail devinrent rapidement classiques et ils le sont restés.

Mais Flahault rêvait d'étendre son champ d'action à d'autres domaines : la physiologie le tenta un instant. A la suite d'observations faites en Scandinavie avec Gaston Bonnier, il entreprend des expériences qui lui permettent d'établir que l'accroissement exceptionnel des feuilles sous les latitudes boréales est dû à la durée de l'éclairement en ces régions pendant la saison utile, et il montre que la coloration des fleurs est en rapport étroit avec l'assimilation ou la présence de réserves nutritives.

Nous retrouvons un peu plus tard notre infatigable savant en relation avec l'illustre algologue Édouard Bornet : douze années d'étroite collaboration conduisent les deux auteurs à une révision complète des Algues bleues et particulièrement des Algues Nostocaccées : ils mettent de l'ordre là où tout n'était qu'erreur et confusion et le Mémoire qui fut publié à cette époque est resté le point de départ solide, la base même de tous les travaux qui ont été publiés ultérieurement sur ce groupe d'organismes.

J'ai connu personnellement ce milieu où, autour de Bornet, travaillaient Guignard, Flahault, Gomont, Fr. Hy et notre confrère le professeur Sauvageau de Bordeaux : j'y occupais alors une place modeste parmi tous ces collaborateurs d'élite; mais il me sera permis de dire que nous partagions tous les sentiments de Flahault qui a écrit quelque part, qu'il gardait à la mémoire de Bornet « une gratitude et une affection filiales ».

La nomination de Charles Flahault à la chaire de Botanique de l'Université de Montpellier allait encore une fois changer l'orientation d'une carrière déjà si remplie en découvertes importantes.

Le nouveau professeur va maintenant tourner la plus grande partie de son activité du côté de la Géographie botanique. Nous le voyons, avec ses nombreux élèves, herboriser dans toute la région méditerranéenne pour en faire connaître la flore en détail et c'est avec la maîtrise que lui donne une connaissance approfondie de cette flore qu'il va aborder les difficiles problèmes de la phytogéographie. Il nous fera connaître ce que représentent, les diverses zones de végétation en prenant comme exemple la zone de l'Olivier; il énoncera les règles qui président à la distribution générale des plantes : il nous fera comprendre la nature et la valeur des associations. Les principes qu'il a posés en cette matière donneront lieu à d'innombrables travaux, aussi n'est-on pas surpris de voir, en plusieurs Congrès internationaux, Charles Flahault jouer un rôle considérable dans les discussions rela-

tives à la Géographie botanique et présider les Commissions chargées d'établir les lois de la nomenclature.

La question si importante du reboisement a été aussi l'objet de nombreux Mémoires de la part de notre confrère : de fréquentes missions lui ont été confiées qu'il a remplies avec sa compétence habituelle; il avait organisé lui-même sur le mont Aigoual des champs d'expériences à diverses altitudes et tout au sommet; il avait créé, en partie avec ses deniers personnels, un laboratoire qui était devenu un centre de recherches où se rencontraient savants français et savants de tous les pays.

Lorsqu'il fut question, après la guerre, de réorganiser la Faculté des Sciences de Strasbourg, c'est à Flahault que l'on s'adressa : il occupa ainsi pendant quelque temps, comme professeur, la chaire de Botanique de cette ville, et c'est à ce titre qu'il désigna, au Ministre d'alors, les jeunes botanistes qui auraient l'honneur d'enseigner dans la Faculté redevenue française.

La science botanique française vient de faire une perte irréparable en la personne de notre confrère Charles Flahault : sa vie toute d'activité et de devoir a fourni un labeur immense : il nous laissera le souvenir d'un de ces hommes qui, par leurs belles découvertes et l'élévation de leur caractère, contribuent à faire apprécier et aimer notre pays.

Nous prions sa famille de vouloir bien agréer les sincères condoléances de l'Académie : celle-ci conservera précieusement le souvenir du confrère qui disparaît après avoir donné autour de lui l'exemple des plus hautes vertus chrétiennes.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Theobald Smith**, Directeur de l'Institut Rockefeller (Médecine), Correspondant de l'Académie pour la Section d'Économie rurale, survenue le 10 décembre 1934.

La séance publique est levée en signe de deuil.

M. **Georges Perrier** dépose sur le bureau une brochure intitulée *Commémoration du centenaire de la mort de* Joseph-Nicéphore Niépce, *Inventeur de la Photographie. Manifestations organisées à Chalon-sur-Saône en juin* 1933.

M. **Emm. de Margerie** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *La méthode des courbes structurales et la tectonique du Colorado.*

CORRESPONDANCE.

M. **Edmond Guillermet** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° 1909-1934. *L'Université de Bruxelles.* I. (Hommage de l'Université libre de Bruxelles.)

2° *Leçons d'Analyse vectorielle.* Deuxième partie. *Application de l'Analyse vectorielle. Introduction à la Physique mathématique,* par Gustave Juvet. (Présenté par M. E. Cartan.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur les courbes dans les espaces euclidiens à n dimensions dont les courbures sont liées par des relations linéaires à coefficients constants.* Note [1] de M. **B. Havelka**, présentée par M. Élie Cartan.

Les courbes en question rappellent par leurs propriétés celles de Bertrand dans l'espace ordinaire. Le cas le plus simple est celui de $n-1$ relations non homogènes; c'est le cas des hypercirconférences, si n est un nombre pair, et des hyperhélices, si n est un nombre impair [2]. Si les relations en question sont homogènes et en nombre $n-2$, on a les hypercirconférences et hyperhélices généralisées [3].

I. En un point P quelconque d'une courbe C, nous appelons espace normal l'espace déterminé par les normales d'indices impairs. S'il existe dans l'espace une autre courbe C' et une correspondance biunivoque ponctuelle entre C et C' telle que, aux points correspondants P, P' de C et C', les espaces normaux de C et C' se confondent, ces courbes ont les propriétés suivantes [4] : 1° La distance des points correspondants P, P' est

---

[1] Séance du 28 janvier 1935.

[2] Voir O. Borůvka, *Comptes rendus,* 193, 1931, p. 633; M. Sypták, *Comptes rendus,* 195, 1932, p. 298.

[3] M. Sypták, *Comptes rendus,* 198, 1934, p. 1665.

[4] Pour $n=4$, voir D. Perepelkine, *Bull. Sci. math.*, 2e série, 58, 1934, p. 307-317.

constante; 2° la droite $\overline{PP'}$ forme avec les normales d'indices impairs de chacune des deux courbes des angles constants; 3° la tangente et les normales d'indices pairs (les normales d'indices impairs) d'une quelconque des deux courbes forment des angles constants avec la tangente et les normales d'indices pairs (avec les normales d'indices impairs) de l'autre courbe; 4° il existe entre les courbures de l'une et de l'autre courbe $n-2$ relations linéaires non homogènes à coefficients constants; 5° si n est impair et que $a_{n-1}(a'_{n-1})$ signifie la dernière courbure de C(C'), on a $a_{n-1}\,a'_{n-1} = \text{const}$.

2. On peut définir les courbes dans l'espace euclidien à n dimensions dont les courbures scalaires sont liées par $n-2$ relations linéaires indépendantes à coefficients constants par un système de Pfaff S qui est [1] : 1° le prolongement du système S' (système dérivé de S), si les relations ne sont pas homogènes; 2° spécial, si les relations sont homogènes; 3° le prolongement du système S'', s'il définit les courbes pour lesquelles la 2ᵉ, 3ᵉ, ... $(n-1)^{\text{ième}}$ courbure est constante.

3. Si l'on peut associer à une courbe C de l'espace une autre courbe C' et établir entre C et C' une correspondance ponctuelle biunivoque telle que les espaces normaux de C et C', aux points correspondants, soient parallèles et que les éléments d'arc soient égaux, les courbures d'une courbe sont des fonctions linéaires des courbures de l'autre; si les courbures d'une des deux courbes sont liées par $p(\leq n-1)$ relations linéaires indépendantes à coefficients constants, les courbures de l'autre le sont aussi. En particulier, si les $p(\leq n-1)$ courbures d'une courbe sont des constantes non nulles, les courbures de l'autre sont liées entre elles par p relations linéaires non homogènes.

4. Supposons les p relations linéaires entre les courbures d'une courbe C de la forme

$$a_i = f_i(s) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-p-1),$$

$$a_k = \sum_{j=1}^{n-p-1} c_{kj} f_j(s) + c_k \qquad (k = n-p, n-p+1, \ldots, n-1),$$

les c étant des constantes. 1° On peut définir C encore par un système de Pfaff contenant $\binom{n}{2} + p$ équations indépendantes à $\binom{n+1}{2}$ variables. 2° Soit F le n-èdre rectangle formé par la tangente et les différentes normales d'une courbe C en un point P quelconque de C. Soit R_ν un espace

[1] Pour $n=3$, voir E. CARTAN, *Bull. Soc. math. de France*, 42, 1914, p. 12-48.

linéaire à $\nu (\leqq n-1)$ dimensions invariablement lié à F; s'il existe un mouvement de F le long de C tel que l'espace R_ν soit constamment orthogonal aux trajectoires décrites par ses points, il y a $\binom{\nu+1}{2}$ relations indépendantes à coefficients constants entre les courbures de la courbe C. Pour $\nu=1$ nous avons le théorème réciproque suivant : *Si les courbures* a_i $(i=1, 2, \ldots, n-1)$, *d'une courbe* C *sont liées entre elles par la relation linéaire* $\sum_{i=1}^{n-1} m_i a_i = 1$, *les quantités* m_i *étant des constantes, il existe un mouvement de* F *le long de* C *tel que toute droite qui coupe les* $n-1$ *espaces linéaires* R_{n-2} *à* $n-2$ *dimensions*

$$m_{i+1}x_i + m_i x_{i+2} = 0, \qquad x_{i+1} = 0 \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, n-2), \qquad x_0 = -m_0,$$

les x signifiant les coordonnées par rapport à F, soit orthogonale aux trajectoires décrites par ses points (1). 3° Soient $C_1, C_2, \ldots, C_{n-1}$ des courbes telles que la $i^{\text{ième}}$ courbure de C_i $(i=1, 2, \ldots, n-1)$ soit constante et supposons que ces courbes soient parallèles. Alors le centre de gravité de la configuration formée par $n-1$ points correspondants décrit une courbe pour laquelle il existe une relation linéaire entre les courbures à coefficients constants. Ce résultat généralise un théorème de M. Salkowski (2).

GÉOMÉTRIE. — *Conditions à imposer à un espace physique et généralisation de la définition du nombre de dimensions de Poincaré.* Note de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Si nous voulons à l'espace euclidien substituer comme espace physique un autre espace en accord avec les notions atomiques, il faut que les conditions imposées par l'expérience et nos sens soient satisfaites. Or ce que l'expérience permet d'atteindre est non le point, mais une petite région, c'est-à-dire un ensemble que nous appellerons « cellule expérimentale ».

Pour qu'un espace (Λ) puisse être adopté, il devra nécessairement, nous semble-t-il, répondre aux conditions suivantes :

---

(1) Pour $n=3$, voir Pirondini, *Nouv. Ann. de Math.*, III, 9, 1890, p. 297-317.

(2) Voir par exemple, V. et K. Kommerell, *Allg. Theorie der Raumkurven und Flächen*, I Bd, p. 40 (Sammlung Schubert, XXIX, Berlin, 1921).

1° *Il existe une famille $\mathcal{F}$ d'ensembles connexes de l'espace* (A) *appelés « cellules expérimentales » qui correspondent à des observations.*

2° *Tout point de* (A) *appartient au moins à une cellule.*

3° *Deux cellules distinctes*, E_1 *et* E_2 *peuvent ou non être distinguées expérimentalement, ce que nous noterons dans le second cas* $E_1 \| E_2 \neq 0$ *et nous dirons qu'elles sont « voisinées ».*

4° *Tout point de* $\overline{E} - E$ *appartient à au moins une cellule voisinée de* E.

5° Si $\overline{E}_1 E_2 + \overline{E}_2 E_1 \neq 0$, alors $E_1 \| E_2 = 0$.

L'opération $\|$ permet de considérer la famille $\mathcal{F}$ comme un espace semi-linfieldien en adoptant pour premier voisinage d'une cellule E l'ensemble des cellules qui lui sont voisinées.

6° *Cet espace semi-linfieldien est un continu (c'est-à-dire connexe et fermé) topologiquement homogène.*

Étant donné que l'expérience permet d'atteindre seulement des cellules, elle ne fixe pas la topologie de l'espace physique : les seules conditions imposées sont des conditions entre ensembles qui laissent un large degré d'arbitraire à la fermeture. Elles nous conduisent à envisager des classes d'éléments où il n'est pas fixé de topologie, mais où une famille d'ensembles constitue un espace abstrait : nous appellerons une telle classe un *quasi-espace*.

2. Henri Poincaré a donné une définition par récurrence du nombre de dimensions d'un espace ayant la puissance du continu basée sur la notion de coupure et il a insisté sur le fait que sa définition s'appliquait à un continu physique. Il faut que nous généralisions cette définition pour la rendre applicable à tout espace qu'on voudrait adopter comme espace physique de façon à lui imposer trois dimensions. Il nous semble qu'on peut adopter comme définition :

Un ensemble E sera dit *à n dimensions par rapport à une famille $\mathcal{C}$ de courbes si :*

a. Quels que soient les points a et b de E *il existe au moins un arc* C_{ab} *d'une courbe* C *de la famille $\mathcal{C}$ tel que*

$$C_{ab} \subseteq C \subseteq E, \qquad a \in C_{ab}, \qquad b \in C_{ab}. \tag{1}$$

b. Pour tout ensemble E_{n-1} *à* $n-1$ *dimensions par rapport à $\mathcal{C}$ contenu dans* E *il existe des points a et b de* E *tels que tout arc* C_{ab} *satisfaisant à* (1) *possède au moins un point en commun avec* E_{n-1}. *Les ensembles à* 1 *dimensions par rapport à $\mathcal{C}$ sont par définition les éléments de la famille $\mathcal{C}$.*

Appelons *arc-ensemble discret d'un quasi-espace semi-linfieldien une suite*

de n cellules E_1, E_2, ..., E_n *telle que chacune soit voisinée à celle qui la précède et non à celles qui viennent avant*, et *courbe-ensemble* un arc ensemble illimité ou fermé (au sens de courbe fermée et non ensemble fermé), *on voit que la définition de la dimension par rapport à* $\mathcal{C}$ *s'applique en prenant pour* $\mathcal{C}$ *la famille de toutes les courbes-ensembles.*

Dans un espace linfieldien, la famille $\mathcal{C}$ sera l'ensemble des courbes discrètes. Il est facile de voir que *si un espace linfieldien topologiquement homogène à n dimensions au sens de Linfield* (notion locale) *il a n dimensions par rapport à* $\mathcal{C}$ *et réciproquement.*

3. Pour établir une condition sur le nombre de dimensions d'un espace physique, il faut rapprocher le nombre de dimensions d'un espace de celui du quasi-espace semi-linfieldien qui lui est associé au moyen des cellules. Si nous ajoutons aux conditions déjà admises :

7° *Tout arc-ensemble contient au moins un arc de l'espace et tout élément* A *de l'arc-ensemble a au moins un point a en commun avec cet arc.* Cette condition permet de démontrer que *toute famille* $\mathcal{E}_n$ *à n-dimensions au sens du quasi-espace contient une multiplicité* E_n *à n dimensions.* En faisant correspondre à tout ensemble A de $\mathcal{E}_n$ l'ensemble $A.E_n = a$ et en convenant qu'à $(A \| B)$ correspond deux éléments conjugués $(a \| b)$, on définit une famille $\mathcal{E}_n^\times$ dont la réunion est E_n. Donc, *à toute famille* $\mathcal{E}_n^\times$ *dont les éléments appartiennent à une multiplicité à n dimensions.*

Soit une courbe C. Tout point a de C appartient à au moins une cellule E. Soit $\mathcal{F}_C$ l'ensemble de ces cellules. Si nous admettons la condition :

8° *L'ensemble* $\mathcal{F}_C$ *contient au moins un arc-ensemble* $\mathcal{A}$ *qui contient* C, on peut démontrer qu'*à toute multiplicité à n dimensions* E_n *on peut associer une famille* $\mathcal{F}_{E_n}$ *qui contient une famille* $\mathcal{E}_n$ *à n dimensions au sens du quasi-espace et dont la réunion est* E_n.

Grâce à ces correspondances, les conditions 7° et 8° permettent d'imposer à l'espace choisi comme espace physique cette dernière condition :

9° *Son nombre de dimensions défini à la manière de Poincaré est égal à celui du quasi-espace semi-infieldien constitué par les cellules soit* 3, comme le montrent nos sens et l'expérience.

4. Finalement, nous ne pouvons adopter comme espace physique (A) qu'un espace satisfaisant aux neuf conditions énoncées. Pour le définir, il faut donc fixer : *a*, la classe des éléments A; *b*, la fermeture $\mathcal{J}$ qui définit la topologie de l'espace (A); *c*, la famille des cellules; *d*, la condition de

voisinage de deux cellules; e, la famille $\mathcal{C}$ des courbes; f, enfin vérifier que les conditions 1° à 9° sont remplies.

En prenant pour espace (A) l'espace ($\mathfrak{C}$) que nous avons défini [1], pour cellules les $m^{\text{ièmes}}$ voisinages d'un point, pour voisinées deux cellules ayant des points communs, comme courbes les courbes discrètes, on vérifie comme pour l'espace euclidien (R_3) que les conditions 1° à 9° sont remplies : il peut donc être adopté pour espace physique.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Calcul d'une solution périodique dans le mouvement de Pluton troublé par Neptune.* Note [2] de M. **Henri Roure**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons appliqué à l'étude du mouvement de Pluton troublé par Neptune la méthode, modifiée par Andoyer [3], que Hill a utilisée dans ses recherches sur la Lune.

Nous avons employé le système habituel de coordonnées rectangulaires, le plan des XY étant l'écliptique. Soient des axes rectangulaires de même axe SZ, tournant autour de cet axe d'un angle égal à la longitude moyenne N de Neptune. Appelons x', y', z', (U) les coordonnées de Pluton dans ce dernier système et la fonction des forces relative à Neptune. La théorie des mouvements relatifs nous permet d'écrire le système :

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} &\frac{d^2x'}{dt^2} - 2n\frac{dy'}{dt} - n^2x' = \frac{\partial U}{\partial x'},\\ &\frac{d^2y'}{dt^2} + 2n\frac{dx'}{dt} - n^2y' = \frac{\partial U}{\partial y'},\\ &\frac{d^2z'}{dt^2} \qquad\qquad\qquad\quad = \frac{\partial U}{\partial z'},\end{aligned}\right.$$

n est le moyen mouvement de Neptune.

Effectuons maintenant la transformation définie par

$$(2)\qquad a'u' = x' + iy', \qquad a's' = x' - iy', \qquad a'\gamma' = iz',$$

a' différant peu de la moyenne distance de Pluton au Soleil et devant être

(1) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 192.

(2) Séance du 28 janvier 1935.

(3) *Cours de Mécanique céleste*, II, p. 136 et suiv.

déterminée au cours du calcul. Appelons N', n', l'_0, l_0 la longitude moyenne, le moyen mouvement, la longitude de l'époque de Pluton et celle de Neptune, on sait que

$$N' = n't + l'_0, \qquad N = nt + l_0.$$

Prenons pour variable $T = i'(n' - n)$; posons $\mu = n/(n' - n)$, introduisons une grandeur K' analogue à a', définie par

$$K'(n' - n)^2 a'^3 = f(1 + m') \qquad (m', \text{ masse de Pluton});$$

rappelons enfin que $n^2 a^3 = f(1 + m)$, m étant la masse de Neptune et faisons

$$\mu'^2 = \mu^2 \frac{m}{1 + m}.$$

Développons la fonction des forces U suivant les puissances du rapport r'/r des rayons vecteurs et introduisons la longitude v de Neptune définie par

$$v = N + \frac{\lambda}{i};$$

nous obtiendrons finalement pour U l'expression

$$\frac{U}{(n' - n)^2 a'^2} = K'\left(\frac{a'}{r'}\right) + \frac{1}{4}\mu'^2(u's' - 2\chi'^2) + \frac{3}{8}\mu'^2(u'^2 + s'^2) + \Phi,$$

Φ contenant les termes qui dépendent explicitement de a/r et de λ.

La transformation (2) étant effectuée dans (1), compte tenu de la valeur trouvée pour U, nous obtenons le système :

$$(3)\quad \begin{cases} \dfrac{d^2u'}{dT^2} + 2\mu\dfrac{du'}{dT} + (\mu^2 - \mu'^2)u' - \dfrac{3}{2}\mu'^2(u' + s') - K'\left(\dfrac{a'}{r'}\right)^3 u' + 2\dfrac{\partial\Phi}{\partial s'} = 0, \\ \dfrac{d^2s'}{dT^2} - 2\mu\dfrac{ds'}{dT} + (\mu^2 - \mu'^2)s' + \dfrac{3}{2}\mu'^2(u' + s') - K'\left(\dfrac{a'}{r'}\right)^3 s' + 2\dfrac{\partial\Phi}{\partial u'} = 0, \\ \dfrac{d^2\chi'}{dT^2} \qquad - \mu'^2\chi' \qquad - K'\left(\dfrac{a'}{r'}\right)^3 \chi' - \dfrac{\partial\Phi}{\partial\chi'} = 0, \end{cases}$$

auquel il faut joindre l'intégrale analogue à celle de Jacobi, obtenue par combinaison des équations (3) et intégration,

$$\frac{du'}{dT}\cdot\frac{ds'}{dT} - \left(\frac{d\chi'}{dT}\right)^2 + (\mu^2 - \mu'^2)(u's') + \frac{3}{4}\mu'^2(u' + s')^2 + \mu'^2\chi'^2 + 2K'\left(\frac{a'}{r'}\right) + 2\Phi - 2\mu\int\frac{\partial\Phi}{\partial(iN)}\,dT = C.$$

Dans ce qui suit nous négligerons Φ et la dernière équation (3). Nous

poserons

$$u' = \theta' p', \qquad s' = \theta'^{-1} q', \qquad \theta' = e^{i(N'-N)} = e^{T},$$

p', q' étant des séries en μ'^2, dont les coefficients sont des polynomes homogènes en θ' et θ'^{-1} ($p' = q' = 1$ correspondent à une orbite circulaire de Pluton). En substituant dans (3) et faisant les identifications nécessaires, nous obtenons pour p', q', puis pour u', s' et x', y' des séries en μ'^2. Sous forme réelle, on aura

$$x' = A'_1 \cos(N' - N) + A'_3 \cos 3(N' - N) + A'_5 \cos 5(N' - N) + \ldots,$$
$$y' = B'_1 \sin(N' - N) + B'_3 \sin 3(N' - N) + B'_5 \sin 5(N' - N) + \ldots,$$

les coefficients A'_j, B'_j étant fonction des p', q'. On remarquera que ces séries *sont périodiques*, de période $2\pi/(n' - n)$. C'est la solution annoncée.

Nous aurons une idée de la grandeur des coefficients en prenant pour Neptune les nombres donnés par la *Connaissance des Temps* et pour Pluton ceux donnés par le Docteur Zagar ([1]). En donnant les logarithmes des nombres, nous obtenons

$$x' = [1{,}596580] \cos(N' - N) + [\bar{1}{,}385245 -] \cos 3(N' - N) + [\bar{3}{,}328162 -] \cos 5(N' - N) + \ldots.$$
$$y' = [1{,}598359] \sin(N' - N) + [\bar{1}{,}386003 -] \sin 3(N' - N) + [\bar{3}{,}323180 -] \sin 5(N' - N) + \ldots.$$

On remarquera la décroissance rapide des coefficients.

Cette solution peut dès lors être utilisée comme point de départ d'une étude plus complète.

PHYSIQUE. — *Microcathétomètre à liquide.*
Note de M. **F. Tesson**, présentée par M. Cotton.

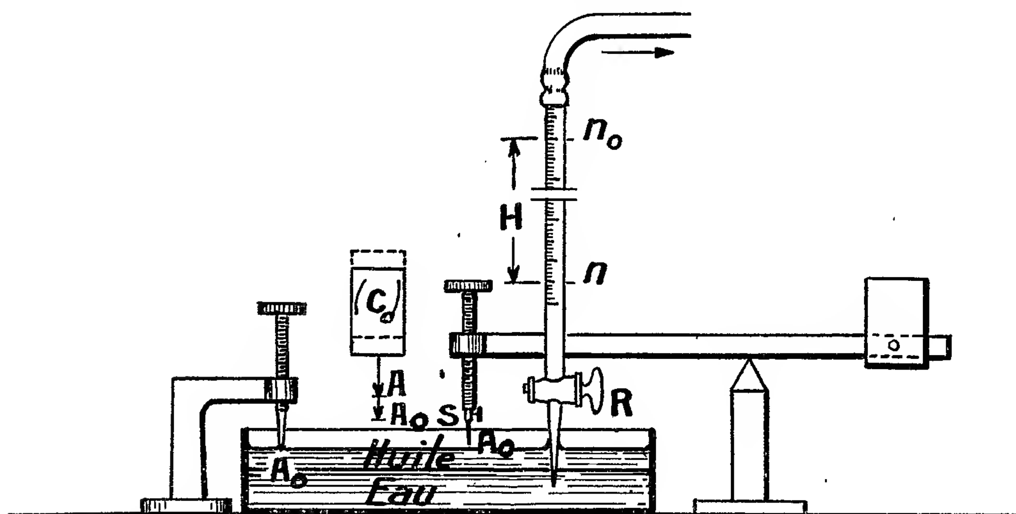
Nous avons réalisé pour l'étude des propriétés mécaniques des pellicules de peinture et vernis un dispositif simple permettant de mesurer avec précision des allongements et des retraits de films fragiles.

Le principe de la méthode à laquelle nous nous sommes arrêté peut s'appliquer à divers montages et fournit une solution au problème général de la détermination des déplacements d'un corps animé de petits mouvements de translation.

([1]) *Circulaire de Copenhague* n° **305**, 22 novembre 1930.

Principe. — Supposons qu'il s'agisse de mesurer une distance verticale entre deux pointes A_0 et A. On dispose d'une nappe d'huile horizontale S qui peut se mouvoir verticalement de bas en haut et venir successivement au contact des deux pointes. Au moment où le plan d'huile atteint A_0, il se produit autour de l'extrémité de la pointe de l'aiguille une ascension du liquide très facile à observer. La grande précision avec laquelle se détermine l'instant du contact permet de mesurer la dénivellation correspondant aux deux positions de la nappe avec une erreur de l'ordre de grandeur du micron.

Description. — L'appareil a été réalisé avec la collaboration de



M. Laporte, à qui est dû notamment l'interposition d'une masse d'eau servant à mesurer les variations de volume (l'huile n'intervenant plus que par ses propriétés capillaires). Il comporte les caractéristiques suivantes :

Une microburette graduée est placée au-dessus d'un vase cylindrique à moitié rempli d'eau, la pointe d'écoulement de la burette plongeant à l'intérieur du vase; la surface de l'eau est recouverte d'une mince couche d'huile et l'orifice de remplissage de la burette est relié à un système aspirateur quelconque. Avec ce dispositif, le jeu du robinet R permet à l'opérateur d'obtenir des dénivellations du liquide dans la burette, et d'imprimer ainsi à la nappe S des mouvements de translation verticaux.

Mesure des dénivellations. — La mesure cherchée de la distance verticale entre deux pointes A_0, A s'effectue de la manière suivante : on fait couler le

liquide de la microburette et l'on note la différence des volumes correspondant au contact successif avec les deux pointes, soit N centimètres cubes, on a

$$e = \frac{N}{S},$$

S étant la section du vase, e la dénivellation de la nappe d'huile.

D'autre part

$$N = sH,$$

H étant la hauteur de la colonne d'eau écoulée et s étant la section intérieure de la burette;

$$e = H\frac{s}{S},$$

formule qui indique une amplification égale au rapport des carrés des rayons du vase et de la burette.

En utilisant une microburette graduée en cinquantièmes de centimètre cube et un vase cylindrique de section égale à 200^{cm^2}, une différence de volume de 1/50e de centimètre cube correspond à une dénivellation de 1 micron de la surface S; l'expérience montre qu'en répétant plusieurs fois la mesure d'une dénivellation, l'erreur maximum commise ne dépasse pas la valeur de 1/50e de centimètre cube.

Application. — Pour déterminer les déplacements d'un corps Co animé de petits mouvements de translation, il suffit de mesurer par la méthode ci-dessus les écarts entre les positions successives d'une pointe verticale solidaire du corps.

La mesure d'une rotation de faible amplitude d'un levier autour d'un axe horizontal se fait aisément en rendant l'extrémité de ce levier solidaire d'une pointe dont on déterminera les dénivellations à l'aide de la méthode précédente.

On montre la sensibilité de cette méthode de mesure en appréciant la flexion subie par une barre d'acier de 85^{cm} de long, de section 5^{cm^2}, soumise en son milieu à des charges successives et en traçant la courbe de variation de la flèche en fonction de la charge. Pour un poids de 25^{g} la flèche d'une telle poutre est de l'ordre du micron.

PHYSIQUE. — *Mesure du moment d'un couple par emploi du moteur chronométrique. Application à l'étude de la viscosité.* Note de M. **Amédée Guillet**, présentée par M. A. Cotton.

La vitesse angulaire de rotation du moteur chronométrique [1] est fixée par construction et sa valeur ω est bien connue. Non seulement cette vitesse reste invariable pendant le mouvement, mais encore elle passe sans transition de o à ω à la mise en marche du moteur et de ω à o à l'arrêt. En raison de ces particularités, l'emploi du moteur chronométrique permet de simplifier notablement certaines techniques.

Proposons-nous par exemple de mesurer le moment $\mathfrak{M}$ d'un couple appliqué à un solide tournant S et provenant du mouvement lui-même.

A cet effet, suspendons S, par l'intermédiaire d'un fil de torsion de constante C, à l'extrémité d'un arbre vertical dont la rotation est assurée par un moteur chronométrique M. Dès la mise en marche du moteur, le fil en coïncidence avec l'axe de l'arbre étant tordu, par le haut, selon la loi $\theta = \omega t$, le corps S est sollicité à se mouvoir selon une loi $\theta_1 = f(t)$, solution de l'équation

$$\mathfrak{J}\frac{d^2\theta_1}{dt^2} + C\theta_1 = C\omega t + \mathfrak{M}_1.$$

Admettons, en vue de la suite, que $\mathfrak{M}$ est de la forme $-K(d\theta/dt)$ alors

$$\theta_1 = \omega t - \frac{K\omega}{C} + \theta_{1,g}.$$

Si, par le jeu d'un verrou électromagnétique, on rend S solidaire de l'arbre au départ, on a $\theta_{1,g} = 0$; dans le cas contraire $\theta_{1,g}$ tend vers zéro d'autant plus rapidement que le rapport $C : \mathfrak{J}$ est plus grand.

Le corps, suspendu par liaison de torsion, tourne donc, en état de régime, avec la même vitesse ω que l'arbre, mais le fil présente alors une torsion angulaire α, par recul, égale à $K\omega/C$, c'est-à-dire telle que $\mathfrak{M} = C\alpha$.

La constante C se détermine par les méthodes connues, le fil étant en place. L'opération à renouveler dans chaque expérience se réduit donc à la mesure de α.

Dans ce but utilisons une aiguille, solidaire de S, dont l'extrémité se

(1) *Comptes rendus*, 160, 1915, p. 235.

meut en regard d'une graduation, comportant N divisions, tracée à la périphérie d'un disque horizontal, calé et centré sur l'arbre par l'intermédiaire d'un long tube formant manchon sur le fil. Comme, en régime, disque et aiguille tournent en accord, l'extrémité de l'aiguille se fixe sur une division n de la graduation du disque que l'on relève par « autostroboscopie au néon ». Si n et n' sont les lectures relatives aux positions prises par l'aiguille avant, puis après, l'application du couple $\mathfrak{M}$, on a, en posant $\Delta n = n' - n$,

$$\mathfrak{M} = C\, 2\pi \frac{\Delta n}{N} = 8\pi^3 \frac{\mathfrak{I}}{T^2} \frac{\Delta n}{N},$$

où T est la durée d'oscillation du système libre : fil, S. Lorsqu'une grande sensibilité de lecture est nécessaire on mesure α par l'une des méthodes optiques habituelles, la lumière intervenant toujours par éclairs rythmés.

Pour produire des couples dus à la viscosité ([1]), on installe au-dessous de S que l'on prend alors de révolution (cylindre, sphère, etc.) un support muni d'un plateau pouvant être élevé ou abaissé à l'aide d'une vis. Le liquide à étudier est contenu dans un vase — que nous supposerons cylindrique (rayon R_1) ainsi que S (rayon R_0) — placé sur le plateau de manière que les axes du vase et de S soient très sensiblement dans le prolongement du fil et que S soit partiellement immergé. On modifie à volonté la hauteur d'immersion de Δh par une translation Δz du plateau.

Le moment effectivement mesuré $\mathfrak{M}$ provient de toutes les actions exercées par le liquide sur le système S, mais il est à penser que la variation de $\Delta\mathfrak{M}$ par modification de la profondeur d'immersion est relative à la seule action latérale. S'il en est ainsi les effets sur la base de S et au niveau libre restant invariables, on peut chercher à calculer $\Delta\mathfrak{M}$ en supposant applicable la théorie du mouvement du fluide par lames cylindriques ayant même axe que S.

On a alors

$$\frac{\Delta\mathfrak{M}}{8\pi^2} = \eta\nu R_0^2 \Delta z \frac{1}{(1-x^2)^2} = \pi \frac{\mathfrak{I}}{T^2} \frac{\Delta n_1}{N}, \tag{1}$$

ν étant la fréquence rotatoire de S et x le rapport $R_0 : R_1$. L'expérience montre, avec une grande perfection, qu'il y a proportionnalité entre Δn_1 et Δz d'une part, et entre Δn_1 et ν d'autre part, tant que la vitesse angulaire ω reste plus petite que la vitesse ω_c qui correspond au seuil de la

---

([1]) *Comptes rendus*, **166**, 1918, p. 33.

région de turbulence et qui est elle-même d'autant plus grande que le fluide est plus visqueux.

Le dispositif que nous venons d'examiner, d'un emploi particulièrement rapide et commode, peut donc être légitimement appliqué à la détermination des coefficients de viscosité (1), le fait de n'opérer que sur des variations Δh de profondeur d'immersion dispensant de la complication des organes de garde. De plus l'opérateur n'a à se préoccuper que du seul mobile S sur lequel est mesuré, par effet de réaction, le couple que sa rotation, systématiquement régulière, engendre par elle-même.

PHOTOGRAMMÉTRIE. — *Sur un appareil nouveau pour la restitution des clichés aériens.* Note de M. **Marcel Chrétien**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai appliqué à la restitution des clichés pris en avion un procédé entièrement mécanique, qui permet d'obtenir la restitution d'un couple de clichés aériens, en utilisant leurs redressements photographiques.

On sait que dans les procédés habituels de restitution, on obtient la position de chacun des points à relever, en plan et en altitude, par des intersections qui se font à l'aide d'épures. Cette opération se fait ici mécaniquement.

Le principe est le suivant :

A l'échelle de la restitution, on représente dans l'espace par rapport aux redressements photographiques, qui sont eux-mêmes convenablement orientés dans leurs plans, la position de l'avion au moment de chaque prise de vue, puis par un point mobile dans l'espace, dont la position est commandée par l'opérateur, successivement les points du sol formant l'objet du relevé.

Deux droites joignent constamment le point mobile aux deux points de prise de vues. Elles coupent les plans de niveau des redressements, en deux points qui sont les deux positions de redressement du point de l'espace.

Lorsque ces deux points coïncident respectivement sur chaque redressement avec les deux représentations photographiques d'un même point du terrain, le point mobile représente ce point du terrain dans sa position de l'espace. Il suffit de le projeter horizontalement sur le plan de redressement, pour avoir sa position en plan et son altitude.

Les points de prise de vues, le point mobile de l'espace, et les points de

redressement, sont chacun le centre d'une rotule. Les deux directions de visée sont matérialisées par deux tiges cylindriques dont les axes passent par les centres des rotules correspondantes.

Les deux rotules des points de vues sont amenées à la position convenable de l'espace, et maintenues à cette position.

La rotule mobile est supportée par un coordinatographe à trois dimensions que l'opérateur commande au moyen de trois manettes. Les mouvements en X et en Y entraînent un traceur qui enregistre sur une épure la restitution en plan. Le mouvement en Z se fait le long d'une graduation permettant de lire l'altitude. Cette altitude a pour origine le plan de restitution. Les rotules de redressement sont assujetties à se déplacer dans ce plan, en entraînant chacune un index sur le redressement corespondant. Pour permettre à l'opérateur de suivre plus facilement le mouvement des index, on donne à ces derniers une forme identique, et l'on place au-dessus des redressements un stéréoscope simple. Grâce à ce dispositif, lorsque la superposition stéréoscopique des index est amenée à coïncider avec celle des deux images d'un point du sol, la restitution de ce point est effectuée. En outre ce dispositif facilite à l'opérateur, par la vision du relief, le tracé des courbes de niveau ou des profils.

Un dispositif additionnel simple, intercalé sur la commande des index, corrige les petits écarts inhérents au travail de redressement. Il se compose de deux correcteurs agissant suivant les deux coordonnées X et Y. Chacun d'eux se compose de leviers réalisant la déformation perspective élémentaire de l'image quand elle est projetée sur un plan différent du plan de redressement exact.

Dans le cas où la prise de vue se fait avec un indicateur de pente l'angle de l'axe optique avec la verticale est généralement assez faible pour que les écarts qui en résultent puissent être corrigés par le dispositif ci-contre.

Il est donc possible dans ce cas d'utiliser. au lieu des redressements, de simples agrandissements photographiques.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité excitée par les neutrons dans le platine.* Note de M. **Léonard Sosnowski**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Ayant présenté ([1]) quelques résultats touchant l'excitation de la radioactivité de l'or par des neutrons, nous avons étendu nos recherches au platine.

L'arrangement expérimental dont nous nous sommes servi était en principe le même que celui décrit dans la Note précédente. La source de neutrons était, cette fois, constituée par du glucinium irradié par le rayonnement γ de 200^{mg} de radium. Nous avons activé 44^{g} de platine pendant 15 heures.

Ce métal activé apposé à la fenêtre d'un compteur Geiger-Müller donnait 15 impulsions par minute en plus du mouvement propre du compteur (6 par minute).

Le rayonnement excité décroît d'après une loi exponentielle simple, la période étant de 100 minutes.

L'affaiblissement dans l'aluminium fait supposer que le rayonnement est constitué par des particules β. L'absorption suit une loi sensiblement exponentielle. Une couche d'aluminium de 0,18 g/cm² affaiblit l'intensité de moitié, ce qui correspond à des rayons β pénétrants, d'énergie $1,5.10^{6}$ eV environ.

Par analogie avec les autres processus de désintégration produits par des neutrons dans les éléments lourds ([2]), nous admettons que la radioactivité observée est due, dans notre cas, à un isotope du platine ($N = 78$) qui, après l'émission d'un électron, se transforme en un or ($N = 79$). Les isotopes de l'or et du platine ne sont pas connus.

Un essai analogue au nôtre a été entrepris il y a quelque temps par MM. Fermi, Amaldi, d'Agnostino, Rasetti et Segrè (*loc. cit.*) qui employaient pour l'activation du platine des neutrons d'une source Rn + Be, cependant ces auteurs n'ont observé que des traces d'un rayonnement de courte période, ce qui est tout à fait différent de nos résultats.

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 391.

([2]) Fermi, Amaldi, d'Agnostino, Rasetti, Segrè, *Proc. of Roy. Soc.*, 146, 1934, p. 483.

Remarquons que ces mêmes physiciens obtenaient généralement, dans le cas d'autres éléments (Ag, Au), des effets beaucoup plus intenses que les nôtres. Les neutrons obtenus par la voie que nous avons employée doivent être plus efficaces pour l'activation du platine. Il nous semble que ce sont des neutrons lents, de quelques centaines d'électrons kilovolts, qui sont les plus nombreux ([1]), tandis que la source Rn + Be donne des neutrons rapides d'une énergie atteignant 8.10^6 eV et l'on sait que les neutrons ralentis peuvent être beaucoup plus efficaces pour les réactions nucléaires.

Si les phénomènes que nous venons de décrire sont, en effet, dus à la lenteur des neutrons excitateurs, nos expériences conduisent à admettre que la pénétration des neutrons dans les noyaux d'atomes à masse élevée n'est pas accompagnée d'une émission de particules lourdes. On sait qu'un tel effet a été envisagé comme possible par Fermi et ses collaborateurs.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les effets secondaires des rayons cosmiques.* Note ([2]) de MM. **Pierre Auger** et **A. Rosenberg**, présentée par M. Jean Perrin.

1. La matière soumise aux rayonnements cosmiques est capable d'émettre des gerbes d'électrons des deux signes; ces gerbes peuvent être décelées dans la chambre à détentes ou bien par les coïncidences de plusieurs compteurs de Geiger-Muller disposés de telle sorte qu'une (ou deux) particules seulement ne puissent les déclencher simultanément ([3]). (Montage en *berceau*). Si l'on place au-dessus d'un tel berceau formé de trois compteurs parallèles et non dans un même plan des écrans de plomb d'épaisseurs croissantes, on constate que le nombre de gerbes (au moins triples) croît, passe par un maximum pour un écran de 16 à 18^{mm} de plomb, décroît ensuite assez rapidement puis de plus en plus lentement ([4]). Cette variation, ainsi que les caractères des gerbes observées dans les chambres à détente ont conduit à supposer le mécanisme suivant : les rayons cosmiques corpusculaires (primaires?) subissent dans l'atmosphère des chocs accompagnés de perte d'énergie cinétique et d'émission de photons de grande énergie.

([1]) W. Gentner, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1211.

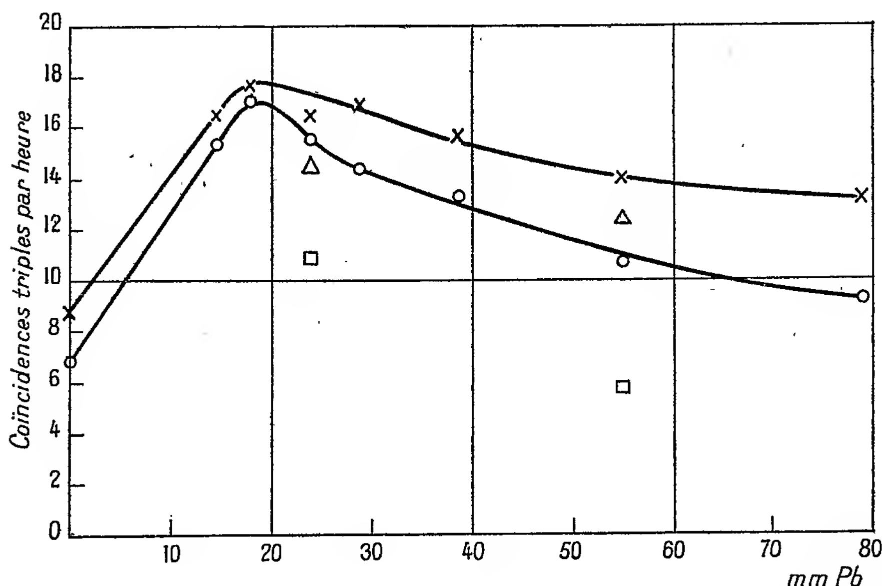
([2]) Séance du 28 janvier 1935.

([3]) Rossi, *Phys. Z.*, 33, 1932, p. 304.

([4]) Rossi, *Z. f. Phys.*, 82, 1933, p. 151; Gilbert, *Proc. Roy. Soc.*, 144, 1934, p. 559; Fünfer, *Z. f. Phys.*, 83, 1933, p. 92.

Ces photons atteignant des écrans formés d'éléments de numéro atomique élevé s'y matérialisent en formant des gerbes d'électrons des deux signes.

On donnera alors à l'épaisseur de plomb correspondant au maximum le sens d'un parcours des corpuscules de gerbes dans cette matière, et l'on verra dans la décroissance rapide qui suit ce maximum l'indication d'une absorption intense des rayons intermédiaires producteurs de gerbes dans le plomb. La courbe ci-dessous (cercles) qui a été obtenue dans ces conditions donne



Coïncidences triples par heure en fonction de l'épaisseur de l'écran de plomb producteur de gerbes.
A l'air libre : ○ compteurs nus. □ un compteur protégé par 1^{cm} de plomb.
Sous le charbon : × compteurs nus. △ un compteur protégé par 1^{cm} de plomb.

environ 17^{mm} de parcours pour les gerbes et 0,2 pour le coefficient d'absorption des producteurs de gerbes dans le plomb.

2. Nous avons cherché à modifier le milieu dans lequel prennent naissance les photons qui représentent dans cette théorie les intermédiaires non ionisants entre les rayons corpusculaires solitaires et les gerbes. Pour cela nous avons placé le dispositif formé par le berceau de compteurs et l'écran variable producteur de gerbes, immédiatement au-dessous d'une masse de 380^{kg} de charbon (briquettes) de 60^{cm} d'épaisseur et de 60^{cm} sur 80 de surface. Les mêmes mesures ont été faites dans ces conditions et à l'air libre, et les résultats en sont représentés par les courbes de la figure ci-dessus. Toutes les mesures faites sous le charbon donnent des valeurs plus élevées

qu'à l'air libre, et surtout pour les grandes épaisseurs de l'écran de plomb. Les points sont les moyennes prises sur des séries de mesures croisées, et les fluctuations statistiques probables sont inférieures à une unité de l'échelle des ordonnées, sauf pour les points extrêmes (8^{cm} de Pb) pour lesquels elles peuvent atteindre deux unités. Le nombre de coïncidences fortuites n'est pas supérieur à 2 par heure.

3. Pour analyser la qualité des radiations qui apparaissent ainsi sous l'écran de charbon, nous avons isolé un des compteurs (celui qui forme le fond du berceau) par une enveloppe de plomb de 1^{cm} d'épaisseur. L'appareil fonctionnant à l'air libre, on obtient une forte réduction des coïncidences (points marqués □) due au fait que les gerbes ayant déjà traversé une épaisseur notable du plomb superposé au berceau ne peuvent plus atteindre le compteur isolé. L'appareil fonctionnant sous le charbon, la réduction obtenue est beaucoup plus petite (points marqués Δ), ce qui ne peut s'expliquer que par un pouvoir pénétrant supérieur du phénomène corpusculaire qui prend naissance dans, ou sous le charbon. Enfin, pour savoir si le rôle des rayons producteurs de gerbes venant de l'atmosphère reste grand sous le charbon, nous avons recouvert l'ensemble des appareils d'une couverture de 2^{cm} de plomb, par-dessus l'écran de charbon. Dans ces conditions, la courbe obtenue est de forme analogue à celle obtenue sous le charbon sans couverture, mais très fortement abaissée : le maximum, pour 17^{mm} de plomb producteur de gerbes, est de 12 par heure, au lieu de 18. Ce résultat permet de dire que les rayonnements producteurs de gerbes sont peu diminués à la traversée de 60^{cm} de charbon, et sont très absorbés par 2^{cm} de plomb, fait qui est en faveur d'une loi d'absorption variant en fonction du carré du numéro atomique des éléments formant les écrans.

Nous pensons que l'ensemble de ces phénomènes, dont l'étude continue, permettra de préciser les coefficients et les lois d'absorption des rayonnements primaires, producteurs de gerbes et des gerbes, ainsi que la nature du rayonnement supplémentaire amené par la présence d'un écran relativement dense formé d'atomes légers. Ce rayonnement a déjà été observé par MM. P. Auger et L. Leprince-Ringuet dans une grotte de glace, en haute montagne.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Théorie de la capture sélective des neutrons lents par certains noyaux.* Note de MM. **Francis Perrin** et **Walter M. Elsasser**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Les radioactivités provoquées par les neutrons résultent souvent de leur simple capture par les noyaux atomiques. L'interposition d'une substance hydrogénée dans le rayonnement incident augmente alors beaucoup l'activité observée (effet Fermi) sans doute par suite du ralentissement des neutrons par choc élastique sur les protons (l'énergie d'un neutron, initialement de quelques mégavolts-électron, sera devenue comparable, après quelques dizaines de chocs, à l'énergie d'agitation thermique des protons rencontrés). Les neutrons lents, ainsi obtenus et décelés, sont absorbés de façon très différente par les divers éléments. Pour quelques éléments absorbants (tels le bore et l'yttrium) la section efficace σ_c des noyaux pour la capture des neutrons lents atteint environ 10^{-21}cm^2, soit mille fois la section des domaines nucléaires indiqués par tous les autres phénomènes.

La capture d'un neutron de vitesse u par un noyau doit être accompagnée, s'il n'y a pas émission instantanée d'une autre particule matérielle, de l'émission d'un photon $h\nu$ représentant l'énergie de fixation ε du neutron augmentée de l'énergie cinétique disparue $w = 1/2\,\mu u^2$, μ étant la masse réduite du neutron par rapport au noyau. Le phénomène inverse est l'arrachement photoélectrique d'un neutron nucléaire par un rayonnement γ (observé par Chadwick pour les deutons). Le rapport des sections efficaces σ_c et σ_e relative à ces deux phénomènes de capture et d'émission d'un neutron est déterminé par la condition de compensation exacte des processus inverses dans l'équilibre thermique; on trouve (Bethe et Peierls) (¹) :

$$\sigma_c = \theta \frac{1}{\mu c^2} \frac{(\varepsilon + w)^2}{w} \sigma_e \qquad (h\nu = \varepsilon + w), \tag{1}$$

θ étant un facteur numérique, de l'ordre de l'unité, dépendant des spins.

En théorie quantique il est plus simple de calculer la section σ_e. Ce calcul a été fait par Bethe et Peierls (¹) pour le cas du deuton, en supposant l'interaction entre proton et neutron intense mais limitée à une distance très

(¹) Bethe et Peierls, *Proc. Roy. Soc.*, A, 148, 1935, p. 146.

petite ($< 10^{-13}$ cm). Il n'y a alors qu'un état stationnaire possible pour le système, et cet état correspond à un moment de circulation nul ($l = 0$, état S). La section efficace σ_c déduite de ce calcul est nulle pour des neutrons lents, et atteint un maximum de seulement 3.10^{-29} cm² pour des neutrons incidents ayant une énergie de 4 MVe.

2. Si l'on admet que l'interaction entre un noyau complexe et un neutron s'étend à une distance de l'ordre du rayon nucléaire (5.10^{-13} cm) il pourra exister plusieurs états stationnaires pour le système formé par leur réunion, et certains de ces états auront un moment de circulation ($l = 1$, état P,...).

Or la section efficace σ_c relative à la capture d'un neutron sur un niveau S tend vers zéro avec l'énergie du neutron incident, à cause de la règle de sélection qui exige, pour qu'il y ait émission d'un photon, que ce neutron ait initialement par rapport au noyau un moment cinétique $h/2\pi (\Delta l = \pm 1)$, et par suite passe à une distance du noyau d'autant plus grande qu'il va plus lentement.

Au contraire si la capture se produit sur un niveau final P, le neutron pourra avoir un moment cinétique initial nul. On trouve alors que σ_c augmente comme l'inverse de la vitesse des neutrons, quand celle-ci tend vers zéro. Pour des neutrons n'ayant que l'énergie d'agitation thermique ordinaire, les sections σ_c que l'on prévoit ainsi sont déjà en général de l'ordre de grandeur de la section du noyau (région d'interaction, 10^{-25} cm²).

3. Mais il se produit un phénomène de *résonance* augmentant encore beaucoup la section de capture pour les neutrons lents, si le potentiel d'interaction, toujours limité à un domaine du même ordre, est tel qu'en plus du niveau P profond sur lequel se fait la capture, existe un niveau S correspondant à une énergie de liaison nulle.

Le calcul complet peut être fait en supposant un potentiel d'interaction U en trou rectangulaire ($U = 0$ pour $r > r_0$, et $U = -\varepsilon_0$ pour $r < r_0$, ε_0 étant constant). On trouve, en utilisant la formule (1), pour la section efficace relative à la capture sur un niveau P d'un neutron provenant d'une onde libre S,

$$\sigma_c = \frac{4\theta}{3\pi} \frac{h^2 e^2}{\sqrt{2\mu c^4 r_0}} \left(\frac{Z}{M}\right)^2 \frac{(h + 2\pi\sqrt{2\mu\varepsilon}\, r_0)^2}{(2\pi\sqrt{2\mu\varepsilon}\, r_0)^2 + 3h(h + 2\pi\sqrt{2\mu\varepsilon}\, r_0)}$$
$$\times \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon}{\varepsilon + w} \frac{1}{\sqrt{w}} \frac{\varepsilon_0 \sin^2\rho}{w \sin^2\rho + (w + \varepsilon_0)\cos^2\rho},$$

Z_e et M étant la charge et la masse du noyau, et ρ représentant l'expres-

sion $2\pi\sqrt{2\mu(\varepsilon_0+w)}r_0/h$; l'énergie ε du niveau P est par ailleurs déterminée en fonction de ε_0 et de r_0. Cette section varie quand croît l'énergie des neutrons incidents (et par suite ρ) avec alternativement des minimums nuls et des maximums de plus en plus petits.

Pour des neutrons lents, σ_c sera très grand si ε_0 a une valeur telle que $\cos\rho = 0$; or cette condition exprime alors qu'il existe un état stationnaire S du neutron lié pour une énergie nulle. Le dénominateur de résonance, qui détermine cette augmentation énorme, provient du facteur de normalisation de l'onde S du spectre continu relative au neutron libre : lorsqu'il y a résonance, l'amplitude de l'onde incidente normalisée devient très grande dans le domaine du noyau. La résonance pourra donc aussi déterminer une grande section efficace si la capture du neutron est accompagnée de l'émission d'une particule matérielle au lieu d'un photon (cas du bore d'après Chadwick).

Pour des neutrons ayant l'énergie thermique ordinaire, la formule obtenue donne une section efficace d'environ 10^8 fois la section du noyau (soit $10^{-17}\,\mathrm{cm}^2$) si la résonance est parfaite (en supposant ε de l'ordre de quelques mégavolts-électron). Les sections observées peuvent donc s'expliquer par une résonance approchée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Calcul et représentation graphique des déplacements élémentaires dans les réactions d'équilibre chimique homogène. Variation des concentrations. Réactions à volume constant.* Note de M. **Pierre Montagne**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

1. *Déplacement des réactions par variation des concentrations.* — Nous avons montré [1] comment on pouvait préciser par des expressions quantitatives les lois qualitatives du déplacement de l'équilibre par variation de température ou de pression. On peut compléter de la manière suivante celles qui ont trait aux variations des concentrations.

Variation des concentrations produites par l'avancement élémentaire $d\xi$ de la réaction (1). — Nous avons défini l'avancement moléculaire élémentaire $d\xi$ relatif à la réaction



(1) $$\alpha A \rightleftharpoons \beta B + \gamma C \qquad (\beta > \gamma;\ n = \beta + \gamma - \alpha \geqq 0),$$

[1] P. Montagne, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 234.

et indiqué sa représentation par un vecteur $\overline{\mathrm{MM}'} = n\,\overline{\mathrm{ME}}\,d\xi$, de composantes

$$(2)\qquad da = n(X - a)\,d\xi, \qquad db = n(Y - b)\,d\xi, \qquad dc = n(Z - c)\,d\xi \quad (^1),$$

X, Y, Z étant les coordonnées du point caractéristique E. On sait que le signe de ces composantes est variable : celui de da est opposé à celui de $d\xi$, tandis que ceux de db et dc dépendent de la position du point M dans le triangle ABC [2].

Variation des concentrations par introduction d'un des composants. — Introduisons dans ce même système, formé de N molécules du mélange des corps A, B, C, $\Delta\nu$ molécules [3] d'un des constituants; les concentrations subissent les variations :

Corps ajoutés....	A.	B.	C.
∂a..	$(1-a)\,\partial\nu = (b+c)\,\partial\nu$	$-a\,\partial\nu$	$-a\,\partial\nu$
∂b..	$-b\,\partial\nu$	$(1-b)\,\partial\nu = (a+c)\,\partial\nu$	$-b\,\partial\nu$
∂c...	$-c\,\partial\nu$	$-c\,\partial\nu$	$(1-c)\,\partial\nu = (a+b)\,\partial\nu$
∂r...	$\partial\nu\sqrt{(c+b)^2 + \frac{(c-b)^2}{3}}$	$\partial\nu\sqrt{(a+c)^2 + \frac{(a-c)^2}{3}}$	$\partial\nu\sqrt{(b+a)^2 + \frac{(b-a)^2}{3}}$

(on a posé $\partial\nu = \Delta\nu/N$), représentables par un segment de longueur ∂r porté sur les droites MA, MB ou MC, le sens positif sur ces droites allant de M vers les sommets A, B ou C.

Retour à l'équilibre. — Si nous perturbons l'équilibre d'un système homogène par introduction de $\Delta\nu$ molécules d'un des composants, le retour à l'équilibre se fera par le jeu de la réaction (1), au moyen d'un avancement élémentaire $d\xi$, respectivement égal, selon le composant introduit

$$(4)\qquad \begin{cases} (\mathrm{A})\quad d\xi = \dfrac{\alpha}{\Xi(\mathrm{M})}\left(\dfrac{1}{a} - \dfrac{1}{X}\right)d\nu, \\ (\mathrm{B})\quad d\xi = -\dfrac{\beta}{\Xi(\mathrm{M})}\left(\dfrac{1}{b} - \dfrac{1}{Y}\right)d\nu, \\ (\mathrm{C})\quad d\xi = -\dfrac{\gamma}{\Xi(\mathrm{M})}\left(\dfrac{1}{c} - \dfrac{1}{Z}\right)d\nu, \end{cases}$$

la fonction $\Xi(\mathrm{M})$ étant égale à $\Xi(\mathrm{M}) = \alpha^2/a + \beta^2/b + \gamma^2/c - n^2$.

---

(1) Nous remplacerons les symboles des concentrations $[a]$, $[b]$, $[c]$, par a, b, c, uniquement pour simplifier la typographie.

(2) R. ÉTIENNE, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1887.

(3) $\Delta\nu$ peut être rendu négatif en imaginant qu'on utilise une paroi semi-perméable.

Il est facile de vérifier que la réaction se produit bien dans le sens prévu par la loi du déplacement de l'équilibre, la variation de la concentration du composant considéré produite par le jeu de la réaction (1) et celle due à l'introduction de ce même composant étant toujours de sens contraires. Pour le composant A, le produit des deux variations, $da = n(X - a)\,d\xi = n\alpha(X - a)^2\,\partial\nu/a\,X\,\Xi(M)$ et $\partial a = (b + c)\,\partial\nu$ est négatif puisque X est négatif ($X = -\alpha/n$ et $n > 0$). Pour les autres composants, C par exemple, le produit de $dc = n(Z - c)\,d\xi = -n\gamma(Z - c)^2\,d\nu/c\,Z\,\Xi(M)$ et de $\partial c = (a + b)\,\partial\nu$ est bien négatif; s'il s'annule, c'est sur la droite $c = Z$, lieu des points de contact des tangentes issues de C aux courbes d'isoéquilibre inscrites dans ABC.

II. *Réactions à volume constant.* — Des calculs analogues nous conduisent aux résultats suivants :

Variation de température. — L'avancement $d\xi$ d'un système en équilibre sous volume constant et soumis à une élévation de température dT est

$$(5) \qquad d\xi = -\frac{1}{\Xi'(M)}\left(\frac{Q}{RT^2} + \frac{n}{T}\right)dT.$$

La fonction $\Xi'(M)$ étant donnée par $\Xi'(M) = \Xi(M) + n^2 = \alpha^2/a + \beta^2/b + \gamma^2/c$. Cette formule (5) montre que la réaction spontanée d'un système maintenu à volume constant peut s'inverser à une certaine température $T_i = -Q/nR$, pourvu que la décomposition du corps A soit endothermique [résultat déjà énoncé par Duhem [1]].

Variation des concentrations. — Dans le retour à l'équilibre d'un système éloigné de sa position d'équilibre par introduction d'un de ses composants A, B ou C, l'avancement moléculaire élémentaire $d\xi$ est donné par

$$(6) \quad (A) \quad d\xi = \frac{\alpha}{a.\Xi'(M)}\partial\nu; \qquad (B) \quad d\xi = -\frac{\beta}{b.\Xi'(M)}\partial\nu; \qquad (C) \quad d\xi = -\frac{\gamma}{c.\Xi'(M)}\partial\nu.$$

Le signe de $d\xi$ étant celui de $\partial\nu$ (pour A) ou le signe contraire (pour B et C) la réaction a toujours lieu dans le sens qui fait disparaître le composant ajouté; résultat déjà énoncé par Ariès, Étienne et H. Le Chatelier [2].

---

(1) *Traité élémentaire de Mécanique chimique*, Paris, 1898, 3, p. 290 et suiv.

(2) ARIÈS, *Statique chimique*, Paris, 1904, p. 198; R. ÉTIENNE, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 986; H. LE CHATELIER, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1557, 1753; R. ÉTIENNE, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1887; 197, 1933, p. 149 et 986; J.-E. VERSCHAFFELT (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 683).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Poids moléculaire d'un liquide pur à son point d'ébullition normale.* Note de M. **Raymond Lautié**, présentée par M. Georges Urbain.

L'énergie superficielle moléculaire d'un liquide pur est proportionnelle à sa température caractéristique et a sensiblement la même valeur pour tous les liquides normaux pris à la même température caractéristique. De plus (Dutoit et Friderich), on a

$$\gamma_e = \chi P_c V_e^{\frac{1}{3}}. \tag{1}$$

Donc

$$\frac{P_c M_e}{(T_c - T_e) D_e} = K, \tag{2}$$

où P_c et T_c sont la pression critique et la température critique du fluide; M_e, γ_e, V_e et D_e sa masse moléculaire, sa tension superficielle, son volume moléculaire et sa densité absolue à la température absolue T_e du point d'ébullition normale.

La formule (2) ne s'applique en toute rigueur qu'aux liquides normaux, pourvu cependant que $(T_c - T_e)$ ne soit pas trop faible, comme dans le cas de l'hélium. Elle n'est qu'approchée et ne permet pas de calculer P_c exactement, mais d'en fixer l'ordre de grandeur.

Toutefois elle renseigne toujours sur l'état moléculaire d'un liquide pur à T_e, si P_c est connu avec une précision suffisante, ce qui parfois n'est pas réalisé.

Avec P_c exprimé en atmosphères, K est voisin de 24 pour les liquides normaux :

	N^2.	O^2.	C^3H^8O.	Cl^2.	$n\,C^5H^{12}$.	$(C^2H^5)^2O$.	C^6H^6.	CCl^4.	C^6H^5I.	$SnCl^4$.
M_e.....	28	32	60	71	72	74	78	154	204	261
K.....	24,1	22,0	24,5	23,1	24,1	23,2	22,5	22,6	22,5	23,8

Un gaz rare de poids atomique P_a, liquéfié, paraît être constitué surtout par des molécules monoatomiques, comme à l'état gazeux :

	Ne.	Ar.	Kr.	Xe.
$P_a = M_e$.......	20,18	39,99	83,7	131,3
K............	26,1	21,6	21,0	20,2

Dans le cas d'un liquide polymérisé, K est notablement inférieur à 24.

	NH^3.	H^2O.	CH^3CO^2H.
M_e théorique..................	17	18	60
K...........................	14,8	14,2	18,0

Dans ces trois exemples, il faut, en accord avec les résultats déjà admis, envisager, à côté des molécules simples, l'existence de molécules doubles.

Notons enfin que pour les carbures acycliques saturés compris entre les butanes et les nonanes, K, peu influencé par l'isomérie, croît un peu et presque linéairement avec le nombre d'atomes de carbone.

	$n\,C^5H^{12}$.	*iso*-C^5H^{12}.	C^6H^{14}.	C^7H^{16}.	C^8H^{18}.
M_e..................	72	72	86	100	114
K..................	24,1	24,2	25,2	26,0	26,9

Une valeur approchée de K se calcule à partir des relations

$$\frac{T_c}{T_e} = \frac{3}{2} \text{ (Gulberg)}, \qquad \frac{D_e}{D_c} = \frac{V_c}{V_e} = \frac{8}{3} \text{ (Lautié)}, \qquad \frac{P_c . M}{T_c . D_c} = \frac{84}{15} \times 4 \text{ (Wohl)}$$

et en admettant que la masse moléculaire du liquide est indépendante de la température. La valeur trouvée, $K = 24,6$, est très voisine de la valeur adoptée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les oxydes de platine.* Note [1] de MM. **Paul Laffitte** et **Pierre Grandadam**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons montré [2] que l'oxydation directe du platine à chaud et sous pression élevée d'oxygène conduisait à un mélange des deux oxydes PtO et PtO^2. De ce mélange nous avons isolé le bioxyde, mais nous n'étions pas arrivé à obtenir le protoxyde. Dans la présente Note nous rapportons les résultats de nouvelles recherches qui nous ont conduit à PtO, dont nous avons ensuite étudié les propriétés. Nous avons aussi fait des essais d'hydrogénation catalytique en chimie organique en présence de noirs de platine obtenus à partir soit des oxydes purs, soit de différents noirs plus ou moins oxydés.

Préparation et propriétés de PtO. — Au fur et à mesure qu'on abaisse la pression sous laquelle on oxyde le noir de platine, la proportion d'oxygène fixé diminue, comme on peut s'en rendre compte d'après le tableau suivant relatif à une durée de chauffage de 6 heures :

---

(1) Séance du 28 janvier 1935.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1925.

Température (degrés C.).	Pression de O^2 (kg/cm²).	O^2 fixé sur le noir (pour 100).
430-450	60	10,50
	45	10,20
	25	9,68
	20	9,40
	12-13	9,60
	9-10	9,0
420-440	8-8,5	7,67
	4-5	4,23

Mais, en même temps que la quantité d'oxygène fixé s'abaisse, la proportion de PtO formé augmente au détriment de PtO^2. Ainsi l'expérience faite sous 8-8^{atm},5 correspond à PtO à peu près pur, comme l'indiquent les résultats suivants :

Analyse du noir oxydé.		*Composition du noir oxydé.*	
Substance prélevée	0^g,1757	PtO	99,09
Teneur en oxygène	0,0125	PtO^2	0,90
Résidu après traitement par HCl	0,0028	Pt	0,008
Résidu après traitement par l'eau régale.	0,0017		99,998

Au-dessous de 8^{atm} la quantité de PtO formé diminue au bénéfice du platine non oxydé. Par conséquent *le protoxyde de platine anhydre s'obtient par traitement du noir de platine vers 420-440° sous 8^{atm},25 d'oxygène.* Le temps de formation dépend de la finesse du noir de platine initial. La pression d'oxygène doit être maintenue pendant toute la durée du chauffage et ne cesser au cours du refroidissement que vers 400°.

Le protoxyde de platine anhydre est une poudre noire de densité 14,9 à 15. Il est, au début de l'attaque, très peu soluble dans l'acide chlorhydrique à 50 pour 100 à l'abri de l'air; mais il se dissout très rapidement dès qu'un peu de chlorure est formé. La dissolution ne dure qu'une minute si l'on a au préalable ajouté une goutte d'acide chloroplatinique dilué. Il est très soluble dans l'eau régale. A la température ordinaire il provoque, à l'air, la combustion de l'hydrogène et du gaz d'éclairage. Sa réduction par l'hydrogène pur est instantanée à la température ordinaire et a lieu avec incandescence en laissant un résidu de mousse grise de platine. Sous la pression atmosphérique la décomposition de PtO^2, suivant la réaction $2PtO^2 \rightarrow 2PtO + O^2$, a lieu à 400°. La décomposition du protoxyde suivant la réaction $2PtO \rightarrow 2Pt + O^2$ n'a lieu qu'à 560°.

Hydrogénation en chimie organique par des catalyseurs dérivant de PtO^2,

PtO *et de noirs de platine oxydés.* — Nous avons utilisé un *noir de platine moyen* de comparaison préparé par la méthode de M. Vavon ([1]), ainsi que des noirs actifs dérivant soit des deux oxydes purs, soit de noirs de platine oxydés. Ces derniers sont préparés à partir d'échantillons de poids égaux prélevés sur un *noir primitif* de mauvaise activité catalytique. On les soumet pendant six heures à une pression de 150^{atm} d'oxygène aux températures suivantes : 100, 150, 200, 250, 300, 350, 410 et 460°C. Ils contiennent alors respectivement : 2,30; 3,10; 3,35; 3,35; 4,05; 4,20; 5,1 et 7,90 pour 100 d'oyxgène en poids. Les hydrogénations effectuées, suivant la méthode de M. Vavon, en présence de masses égales de chaque catalyseur nous ont donné les résultats suivants :

	Temps (en minutes) pour fixer						
	2^l,5 H^2 sur 35^g de pinène α		5^l H^2 sur 35^g de pinène α		2^l H^2 sur 5^g de phénol		0^l,5 H^2 sur 5^g de pipéronal (3e hydrogénation).
Catalyseur.	1re fois.	2e fois.	1re fois.	2e fois.	1re fois.	2e fois.	
Noir moyen	78	76	159	155	78	80	27
Noir primitif	113	102	257	216	186	178	55
PtO	43,5	45	106	101	164	96	17,5
PtO^2	38	32	78	63	50	43	10,5
Noir activé à 100°	41	39	93	86	121	85	-
» 150°	40,5	35	89	76	101	73	-
» 200°	45	36	103	75	86	68	12,5
» 250°	47,5	40	114	86	88	74	-
» 300°	36	42	78	89	118	86	-
» 350°	38	43	90	91	136	112	-
» 410°	41	39	88	86	100	70	
» 460°	36	36	75	81	70	67	-

Ces essais montrent que le bioxyde de platine est un excellent catalyseur d'hydrogénation des doubles liaisons C=C et C=O, 2 à 3 fois supérieur à tous les noirs ordinaires. Le protoxyde de platine est un bon catalyseur pour les liaisons C=C et moyen pour C=O. Un fait intéressant à noter est l'activation du noir par chauffage à 150-180° dans l'oxygène sous 150 kg/cm². Ainsi traité il absorbe 2,3 à 3,4 pour 100 d'oxygène en poids et fournit à l'hydrogénation un catalyseur d'activité très voisine de celle de PtO^2. Ce traitement constitue une méthode simple pour la préparation de catalyseurs deux fois plus actifs que ceux utilisés jusqu'à présent.

([1]) *Thèses*, Paris (1911).

CHIMIE MINÉRALE. — *L'isolement du gadolinium.* Note [1] de M. **Félix Trombe**, présentée par M. Georges Urbain.

Parmi les éléments rares, seuls les métaux cériques ont été isolés à l'état libre.

Un métal global, très impur, comprenant tous les éléments du groupe yttrique, a été préparé par Meyer [2] en 1899.

Hicks [3] a obtenu sous forme d'une poudre métallique, qu'il a réussi à agglomérer en creuset de magnésie, l'yttrium allié au même groupe de métaux.

Plus récemment, Schumaker et Harris [4] ont tenté l'isolement de l'erbium et du gadolinium par distillation de leurs alliages avec l'aluminium. L'aluminium donnant avec ces métaux des azéotropes, ils n'ont pas pu dépasser les concentrations respectives de 10 pour 100 d'erbium et de 60 pour 100 de gadolinium. Aucun autre essai d'isolement des métaux yttriques ne paraît avoir été tenté.

La méthode décrite au sujet de la préparation du cérium [5], du lanthane [6] et du néodyme [7], a dû être modifiée pour les essais de préparation du samarium et du gadolinium.

Le métal rare à déposer est engagé au cours de l'électrolyse dans un alliage fusible et facilement dissociable ensuite sous un haut vide; on peut ainsi opérer à plus basse température que dans l'électrolyse directe et conserver le matériel réfractaire employé précédemment.

L'élément avec lequel le métal rare est allié est le cadmium, dont le choix présente les avantages suivants :

1° En raison de sa densité élevée (7,99 à l'état fondu à 320°), il se sépare bien du mélange de chlorures fondus (ordre de densité 3,6), rendu plus fusible encore et moins dense par addition de chlorures de potassium et de lithium.

2° Son point d'ébullition peu élevé (775° sous 760^{mm} de Hg) permet

---

(1) Séance du 21 janvier 1935.

(2) *Monatsh. für Chemie*, 20, 1899, p. 793.

(3) *J. Am. Chem. Soc.*, 40, 1918, p. 1619-1626.

(4) *Ibid.*, 48, 1926, p. 3108-3114.

(5) Billy et Trombe, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 421.

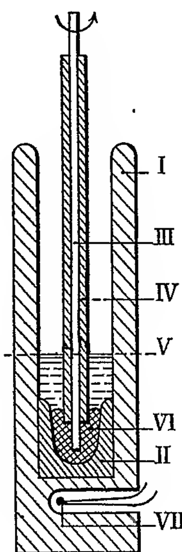
(6) Trombe, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1653.

(7) Trombe, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 704.

d'envisager sa distillation et ainsi sa séparation du métal rare allié beaucoup plus réfractaire.

3° L'intervalle de température entre ses points de fusion (320°) et d'ébullition (775°) est suffisamment grand; l'électrolyse peut être faite à une température comprise entre ces deux points et aussi éloignée que possible du point de fusion (meilleure dissolution du métal rare dans le cadmium fondu).

Le dispositif opératoire est représenté ci-dessous.



Un creuset de carbone cylindrique (I) exempt d'impuretés solubles sert d'anode; il contient dans sa partie inférieure un creuset de fluorine (II) [1] non conducteur, rempli à moitié de cadmium fondu (VI); au centre une tige de molybdène tournante (III) (qui ne s'allie ni avec le cadmium ni avec les métaux rares), protégée dans sa partie supérieure par un manchon de fluorine (IV) amène le courant dans le cadmium. Le bain de sel fondu monte jusqu'au niveau (V) et possède une grande surface de contact avec le creuset anode. La température est mesurée en (VII). Des alliages à 20 pour 100 de lanthane ont été obtenus par cette méthode. Le samarium a pu être dissous dans le cadmium dans des proportions de 4 à 13 pour 100 pour des températures d'électrolyse variant de 600° à 725°.

---

(1) DAMIENS, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1235.

De l'oxyde pur de gadolinium, provenant d'un fractionnement effectué précédemment par M. G. Urbain, a été utilisé pour l'isolement du métal.

Le bain d'électrolyse est constitué par

44 pour 100 de chlorure de		gadolinium,
44	»	potassium,
12	»	lithium.

Le bain est maintenu entre 625° et 675°, la température maximum étant produite vers la fin de l'électrolyse quand l'alliage se concentre en métal rare.

Pour un poids total de sel de 4^g le courant est de 7 à 8 ampères sous 10 volts; l'électrolyse dure environ 15 minutes.

L'alliage obtenu analysé contenait 6 pour 100 de gadolinium et une petite quantité de lithium aussi volatil que le cadmium.

La séparation des métaux est faite dans un double tube de quartz rodé sous une pression de l'ordre de 1/1000e de millimètre de mercure, contrôlée constamment pendant l'opération.

L'alliage à distiller est placé dans un creuset de molybdène emboîté dans deux creusets successifs de tôle de molybdène pour éviter les projections. Après chauffage (1230 à 1240°), le tube est refroidi sous vide et rempli de gaz carbonique. Le gadolinium dont le point de fusion n'a pas été atteint est sous une forme demi-agglomérée; il n'attaque pas l'eau à l'ébullition et son oxydation à l'air est lente.

Sa composition est la suivante : 98,4 pour 100 de gadolinium métallique et 0,7 pour 100 de silicium.

Le cadmium n'y est pas décelé par ses réactifs chimiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un composé de transition dans la formation de complexes du cobalt trivalent.* Note de M. **Marcel Châtelet**, présentée par M. G. Urbain.

La préparation de complexes du cobalt trivalent par oxydation de solutions ammoniacales de chlorure de cobalt en présence de plus ou moins de chlorure d'ammonium donne naissance à des composés de transition pour la plupart polynucléaires dans lesquels un des atomes métalliques peut atteindre la valence quatre. Ces corps sont le plus souvent très solubles dans les solutions aqueuses où ils prennent naissance et leur précipitation

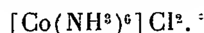
ne peut se faire qu'à la faveur de réactifs qui risquent de modifier non seulement les solubilités mais encore la nature même des équilibres existant dans la solution (addition d'HCl par exemple).

J'ai cherché à modifier le milieu dans lequel se fait l'oxydation du cobalt de façon que les précipitations se fassent spontanément ou qu'il suffise de diluer la solution par un liquide inerte tel que l'alcool.

Le chlorure de cobalt à deux molécules d'eau se dissout facilement dans la glycérine pure et j'ai pu ainsi employer comme solution de départ de la glycérine contenant 20^g de sel cobalteux pour 100^g de solution. Si à 85^g de ce mélange on ajoute 200^{cm^3} d'ammoniaque à 20 pour 100 dans lesquels on a dissous 50^g de $ClNH^4$ le cobalt précipite presque totalement sous forme d'un composé jaune rosé qu'il est possible d'isoler en le filtrant et en le séchant à l'abri de l'air (composé A).

Dans le mélange ainsi obtenu on fait passer après refroidissement un courant d'air assez vif; à 18° l'oxydation devient visible par brunissement de la liqueur au bout d'une demi-heure et elle se poursuit régulièrement avec dissolution du précipité initial; au bout de 16 à 17 heures celui-ci a complètement disparu et la solution brune obtenue tient en suspension de petites quantités d'un précipité rouge. On filtre et le liquide est alors additionné de deux fois son volume d'alcool à 95°; il se fait une abondante précipitation : on filtre, lave à l'alcool et à l'éther et l'on conserve en atmosphère sèche (composé B).

1. *Composé* A. — Ce corps cristallisé en octaèdres a pour formule $CoCl^2(NH^3)^6$, c'est l'hexammine cobalteuse déjà préparée par Frémy et par Naumann [1]. Ce corps décomposable par l'eau avec précipitation d'hydroxyde n'est stable que dans l'ammoniaque au moins cinq fois normale. Dans ces conditions sa conductibilité moléculaire, mesurée à la dilution de 1/1000e normale, a pour valeur 260, ce qui correspond à deux ions rapides et un ion lent. Il se conduit donc comme un complexe



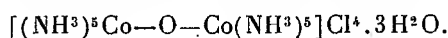
$$[Co(NH^3)^6]Cl^2.$$

2. *Composé* B. — Il se présente sous forme d'une poudre brun clair décomposable par l'eau et les solutions acides, stable en solution ammoniacale même diluée. L'analyse donne

Co, 23,6 pour 100; NH^3, 34 pour 100; Cl, 28,6 pour 100,

(1) Frémy, *Ann. Chim. Phys.*, 35, 1852, p. 257; Naumann, *Ber. d. chem. Ges.*, **42**, 1909, p. 3789.

d'autre part, sa décomposition par l'eau se fait avec départ d'oxygène et la quantité de gaz libérée est de 11^l pour deux atomes de cobalt. Ce fait indique que la molécule contient donc au moins deux atomes de cobalt et la formule brute la plus simple se trouve alors être $Co^2(NH^3)^{10}OCl^4.3H^2O$; cette composition est compatible avec une formule d'ion dinucléaire tétravalent conforme à la systématique de Werner et l'on peut le formuler



$$[(NH^3)^5Co{-}O{-}Co(NH^3)^5]Cl^4.3H^2O.$$

Il reste à examiner si cette formule correspond à ses principales propriétés.

a. La décomposition par l'eau libère la moitié du cobalt à l'état d'hydroxyde divalent : de même l'attaque par une solution de HCl normale libère la moitié du cobalt à l'état de chlorure cobalteux cependant que, pour 2^{at} de Co, 6^{mol} NH^3 sont transformées en $ClNH^4$. D'autre part, si la décomposition est faite par la quantité juste suffisante de HCl normal, il reste un produit de la réaction à l'état solide : ce corps a pour formule $[Co(NH^3)^4OHCl]Cl$.

Cette dissymétrie des deux atomes de cobalt ne s'explique que difficilement si l'on admet la formule écrite plus haut de même que l'on s'explique assez mal la formation d'un ion tétrammine alors que la coupure de la molécule fait ressortir des ions pentammines.

b. S'il n'est pas possible de mesurer la conductibilité moléculaire du composé dans l'eau, on peut le faire dans l'ammoniaque normale : l'électrolyte résultant étant un électrolyte fort, on peut appliquer la règle d'addition des conductances. A la dilution de 1/1000e normal, on trouve pour conductibilité moléculaire 300, ce qui correspondrait à trois ions, peut-être à quatre, mais certainement pas à cinq comme le voudrait la formule citée plus haut.

En résumé, la formule proposée ne semble guère rendre compte des propriétés du corps en question; il semblerait plus logique d'admettre dans sa formule la préexistence d'un groupement tétrammine, d'autre part il ne doit posséder que deux chlores ionisables : sous forme dualistique, on pourrait écrire $[Co_{II}(NH^3)^6]Cl^2$, $[Co_{IV}(NH^3)^4OCl^2]$, $3H^2O$.

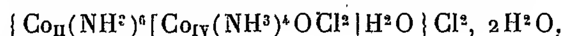
On aurait en somme affaire à un sel double constitué par l'association de l'hexammine cobalteuse avec un non-électrolyte à atome de cobalt tétravalent octocoordiné. Mais le fait que la conductibilité du composé est de 300, alors que celle de l'hexammine cobalteuse n'est que de 260, montre que très probablement les deux groupements à cobalt di et tétravalent sont réunis

dans un même ion complexe, par exemple



$$\{[Co_{II}(NH^3)^6], [Co_{IV}(NH^3)^4 O Cl^2]\} Cl^2, 3H^2O.$$

Quant aux molécules d'eau, en raison de la facilité avec laquelle le corps se décompose quand on élève la température, nous n'avons aucun moyen de savoir si elles appartiennent tout ou partie à l'ion complexe ou non. L'une d'elles pourrait y entrer; on aurait alors la formule



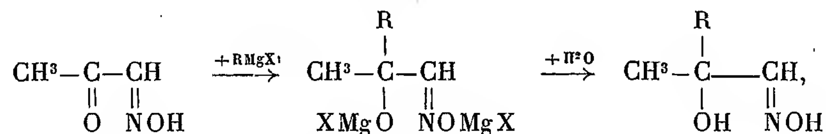
$$\{Co_{II}(NH^3)^6[Co_{IV}(NH^3)^4 O Cl^2] H^2O\} Cl^2, 2H^2O,$$

avec deux cobalts octocoordonnés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation des aldéhydes-alcools α.* Note (1) de M. **Pierre Fréon**, présentée par M. Delépine.

Les aldéhydes-alcools α sont des corps relativement peu connus et difficiles à préparer. Il n'existe pas actuellement de méthode générale de préparation; seules certaines méthodes ont permis d'obtenir quelques termes.

Nous avons pensé préparer des aldéhydes-alcools α, en condensant l'isonitrosoacétone, avec des composés organomagnésiens



puis en hydrolysant l'oxime ainsi obtenue.

Diels et Ter Meer (2) ont essayé, de façon analogue, de préparer des cétones-alcools α en partant de l'isonitrosométhyléthylcétone. Sans donner de détails sur leurs travaux, ces auteurs disent que la réaction ne donne rien. Ils n'ont pu obtenir la réaction normale qu'après éthérification de la fonction oxime; mais, dans ce cas, la régénération de la fonction cétone a été impossible. D'autre part, Orékoff et Tiffeneau (3) ont montré qu'avec les isonitrosoacétones aromatiques, la condensation magnésienne a lieu d'une façon normale et donne naissance aux oximes-alcools tertiaires : $(C^6H^5).C(R.)(OH).CH(:NOH)$ et $(C^6H^5).C(R)(OH).C(:NOH)(C^6H^6)$;

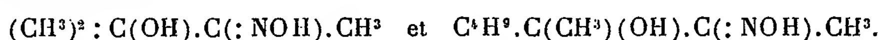
(1) Séance du 21 janvier 1935.

(2) *Berichte der deutsch. chem. Gesell.*, 42, 1909, p. 1940.

(3) *Bull. Soc. ch.*, 4e série, 41, 1927, p. 839.

mais ces auteurs ne paraissent pas avoir essayé d'hydrolyser la fonction oxime de ces corps.

Ne voyant pas de raison pour que la réaction de Grignard ne s'applique pas aux isonitrosoacétones de la série grasse, nous avons repris le travail de Diels et nous avons constaté que la réaction se produit normalement. Il faut employer un excès de dérivé organomagnésien, une molécule étant détruite par l'atome d'hydrogène mobile de la fonction oxime. Nous avons ainsi obtenu, en condensant l'isonitrosométhyléthylcétone $CH^3-CO-\underset{\underset{NOH}{\|}}{C}-CH^3$, successivement avec l'iodure de méthylmagnésium et le bromure de butylmagnésium, les oximes des cétones alcools



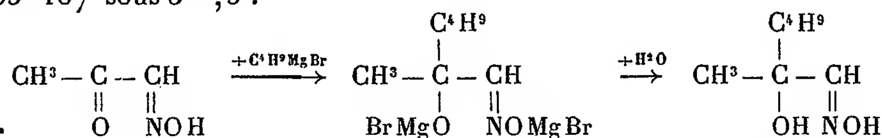
$$(CH^3)^2:C(OH).C(:NOH).CH^3 \quad \text{et} \quad C^4H^9.C(CH^3)(OH).C(:NOH).CH^3.$$

L'hydrolyse de ces composés par l'acide oxalique dilué, nous a conduit facilement aux cétones-alcools α elles-mêmes :



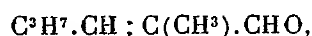
$$(CH^3)^2:C(.OH).CO.CH^3 \ (^1) \quad \text{et} \quad C^4H^9.C(CH^3)(OH).CO.CH^3 \ (^2).$$

Appliquant cette méthode à l'isonitrosoacétone : $CH^3.CO.CH(:NOH)$, nous avons préparé, par condensation avec le bromure de butyl-normal-magnésium, l'oxime de l'aldéhyde-alcool α correspondante, bouillant à 105°-107° sous 3mm,5 :



$$\underset{\underset{O}{\|}}{CH^3-C}-\underset{\underset{NOH}{\|}}{CH} \xrightarrow{+C^4H^9MgBr} CH^3-\overset{\overset{C^4H^9}{|}}{\underset{\underset{BrMgO}{|}}{C}}-\underset{\underset{NOMgBr}{\|}}{CH} \xrightarrow{+H^2O} CH^3-\overset{\overset{C^4H^9}{|}}{\underset{\underset{OH}{|}}{C}}-\underset{\underset{NOH}{\|}}{CH}$$

L'hydrolyse ultérieure de ce produit, par l'acide sulfurique dilué, nous a donné, avec un bon rendement, l'aldéhyde-alcool α attendu : $C^4H^9.C(CH^3)(OH).CHO$ bouillant à 86°-88° sous 35mm, et donnant une semi-carbazone qui fond à 142°-143°. Une proportion moins importante d'aldéhyde éthylénique



$$C^3H^7.CH:C(CH^3).CHO,$$

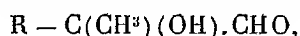
provenant d'une déshydratation partielle de la fonction alcool tertiaire se

(1) Corps déjà préparé par Schmidt et Austin, *Berichte, d. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 3724.

(2) Corps déjà préparé par Leers, *Bull. Soc. ch.*, 4e série, 39, 1926, p. 423-424.

forme aussi au cours de l'hydrolyse. Ce dernier corps bout à 72°-74° sous 39^{mm} et donne une semi-carbazone qui fond à 183°-184° et une paranitrophénylhydrazone fondant à 148°-149°.

On voit donc que la réaction de Grignard se produit normalement avec les cétones α isonitrosées. Avec l'isonitrosométhyléthylcétone, on est conduit aux cétones alcools de la forme $R - C(CH^3)(OH).CO.CH^3$, tandis que l'isonitrosoacétone donne les aldéhydes-alcools α de formule générale :



$$R - C(CH^3)(OH).CHO,$$

dont seules sont connues celles où le radical R est le radical méthyle CH^3 et le radical pseudobutyle $(CH^3)^3C$.

Les travaux sont suivis en vue de généraliser cette méthode.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation de l'alcool isopropylique avec le toluène et quelques dérivés de substitution.* Note [1] de M. **Gérard Desseigne**, présentée par M. Delépine.

I. *Action de l'alcool isopropylique sur le toluène.* — La réaction des alcools sur les carbures aromatiques en présence d'acide sulfurique a été signalée pour la première fois par Verley [2] qui a réalisé la fixation du groupe pseudobutyle sur le benzène et le toluène. Plus récemment, H. Meyer et K. Bernhauer [3] ont montré que la méthode s'appliquait aussi à l'alcool isopropylique. Ils ont également remplacé le benzène et ses deux premiers homologues, par des dérivés chlorés et des phénols. Par contre, la fixation du radical alcoyle sur les dérivés nitrés et sulfonés par la méthode de Verley n'a pas encore été signalée.

Dans le cas particulier du toluène et de l'alcool isopropylique, H. Meyer et K. Bernhauer ont utilisé de l'acide sulfurique à 80 pour 100 et ont obtenu du para-cymène pur avec un rendement de 35 pour 100. En reprenant l'étude de cette préparation, dans des conditions voisines des leurs, j'ai observé que la majeure partie de cymène formé restait en solution sous forme de dérivé sulfoné. Si on libère le carbure, par entraînement à la vapeur d'eau vers 150-160°, le rendement en dérivé monosubstitué s'élève à 82 pour 100, avec un taux d'alcoylation de 96 pour 100.

---

(1) Séance du 21 janvier 1935.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 19, 1898, p. 67.

(3) *Monatsh. f. Chem.*, 53-54, 1929, p. 721.

Le cymène obtenu donne, par ébullition à reflux avec de l'acide nitrique étendu, un mélange d'acide ortho et téréphtalique. La substitution s'effectue donc simultanément en ortho et para, contrairement à ce qui était indiqué. La densité du cymène obtenu ($D_4^{20} = 0,866$) est effectivement intermédiaire entre celles de l'ortho et du paracymène.

II. *Action de l'alcool isopropylique sur l'acide toluène parasulfonique.* — La position para étant bloquée, le radical isopropyle se fixe exclusivement en ortho. On obtient ainsi, après désulfonation, un mélange d'orthocymène et de diisopropyltoluène symétrique 1.2.6.

On dissout 380g d'acide toluène parasulfonique cristallisé dans 2kg de SO^4H^2 à 93 pour 100 et ajoute, en refroidissant, 120g d'alcool isopropylique. On laisse reposer 48 heures à 40°, puis étend avec 500cm³ de H^2O, et entraîne à la vapeur en maintenant le point d'ébullition du liquide à 150-160°. La désulfonation dure environ 6 heures. On décante, distille d'abord à pression atmosphérique pour éliminer le toluène non transformé, puis sous 15mm avec une colonne Vigreux de 40 à 50cm.

On récupère ainsi 59g de toluène et obtient 86g (0mol,64) d'orthocymène, 102g (0mol,58) de diisopropyltoluène-1.2.6 purs, soit un rendement total de 90 pour 100 par rapport à l'alcool.

Constantes physiques.

Orthocymène..................	$Eb_{754} = 176°,6$	$D_4^{20} = 0,8754$	$n_D^{19} = 1,5022$
Diisopropyltoluène-1.2.6.......	$Eb_{770} = 228°,7$	$D_4^{20} = 0,8768$	$n_D^{18} = 1,5040$

III. *Action de l'alcool isopropylique sur le toluène orthonitré.* — Par nitration du *p*-cymène, selon la méthode d'Andrews (¹) à — 5°, je n'ai pu dépasser le rendement de 55 pour 100 en dérivé mononitré. Il se forme toujours une quantité importante de dérivé dinitré.

J'ai tourné la difficulté en appliquant la synthèse de Verley à la fixation du groupe isopropyle sur le toluène orthonitré.

Le mode opératoire est le suivant : dans 1kg de SO^4H^2 à 93 pour 100, on coule 343g (2mol,5) d'orthonitrotoluène, puis ajoute en refroidissant 60g (1mol) d'alcool isopropylique. On laisse reposer 48 heures à 35-40°. Le mélange se sépare peu à peu en deux couches. On verse la totalité sur 1kg de glace, lave la couche organique décantée avec une solution concentrée de CO^3K^2 et distille sous 15mm avec une colonne à anneaux Raschig de 75cm. On obtient 125g de nitro-cymène, soit un rendement de 70 pour 100 de la théorie par rapport à l'alcool. $Eb_{15} = 134°$, $D_4^{20} = 1,073$, $n_D^{20} = 1,5306$.

L'aminocymène correspondant s'obtient par réduction au fer en présence de chlorure ferreux à 90-95° (Rt = 94 pour 100). $Eb_{15} = 121°$, $D_4^{20} = 0,949$, $n_D^{20} = 1,5423$.

(¹) *J. of Ind. Eng. Chem.*, 10, 1918, p. 453.

Ces constantes sont identiques à celles du 2-amino-*p*-cymène obtenu à partir du para-cymène. Point de fusion de leurs chlorhydrates 216° et 214-215°, respectivement [1]. L'identité du produit obtenu avec ce corps est donc établie et correspond à la substitution du radical isopropyle en méta par rapport à NO^2 et en para exclusivement par rapport au groupe méthyle. Il se forme en outre 27 pour 100 de 2-nitro-4.6-diisopropyltoluène : $Eb_{15} = 158°$; $D_4^{20} = 1,020$; $n_D^{20} = 1,5218$, qui donne par réduction l'amine correspondante : $Eb_{15} = 149°$; $D_4^{20} = 0,934$; $n_D^{20} = 1,5332$. P. F., dér. acétylé, 118°; P. F., chlorhydrate, 226-228°.

IV. *Action de l'alcool isopropylique sur le toluène paranitré.* — La même méthode s'applique au toluène paranitré. On obtient ainsi le 4-nitro-orthocymène dont la préparation n'a pas encore été signalée. La vitesse de réaction est, dans ce cas, beaucoup plus faible. L'acide sulfurique à 80 pour 100 ne donne aucune réaction. Avec l'acide à 93 pour 100, en opérant dans les mêmes conditions que ci-dessus, il faut élever la température à 70-80°.

Rendement en 4-nitro-orthocymène, 52 pour 100 de la théorie par rapport à l'alcool. $Eb_{15} = 144-145°$; $D_4^{20} = 1,078$; $n_D^{20} = 1,543$.

L'amine correspondante s'obtient par réduction au fer à 50°-60° ($R^t = 93$ pour 100) : $Eb_{15} = 123°$; $D_4^{20} = 0,9568$; $n_D^{20} = 1,5505$; P. F., dér. acétylé, 103°; P. F., chlorhydrate, 233°.

La substitution du radical isopropyle s'effectue donc encore en méta par rapport à NO^2, mais en ortho par rapport au groupe méthyle, la position para étant occupée.

Il se forme également une petite quantité de 4-nitro-2.6-diisopropyltoluène symétrique : $Eb_{11} = 168°$, P. F. (recristallisé dans l'alcool), 61°.

Par réduction au fer ou au zinc amalgamé, on obtient l'amine correspondante : $Eb_{11} = 146°$; $D_4^{20} = 0,952$; $n_D^{20} = 1,5412$; P. F., dér. acétylé, 162°; P. F., chlorhydrate, 245°-247°.

---

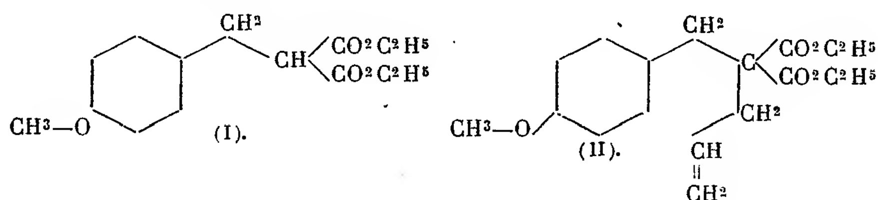
(1) WALLACH, *Annalen der Chemie*, 279, 1894, p. 368, indique 207°; LE FÈVRE, *J. of Chem. Soc.*, 1933, p. 983, 209°-212°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'un acide méthylméthoxytétrahydronaphtalénique, de l'acide naphtalénique correspondant et du 1.7-méthylnaphtol.* Note de MM. **Georges Darzens** et **André Lévy**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré la généralité de la cyclisation hydronaphtalénique de l'acide benzylallylacétique en l'appliquant à des dérivés alcoylés de cet acide (¹). Il y avait un intérêt à rechercher si cette même réaction pouvait s'appliquer à d'autres dérivés de substitution, et nous avons commencé cette étude par celle des dérivés méthoxylés.

Notre point de départ a été le chlorure de benzyle para-méthoxylé facile à préparer soit par l'action de HCl sur l'alcool anisique, soit par la condensation de l'anisol avec le formol en présence de HCl.

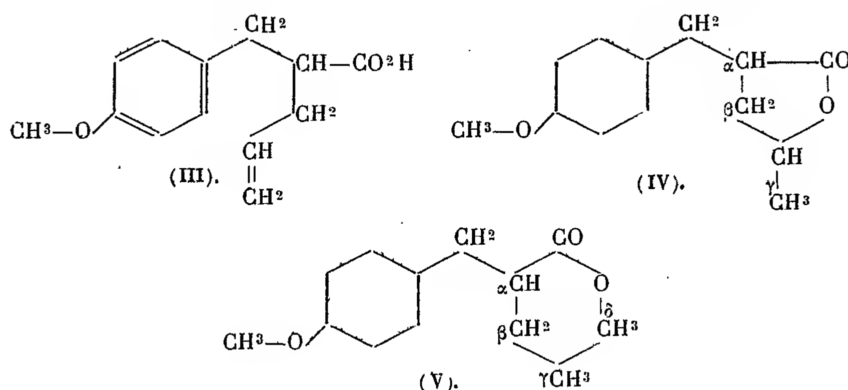
En faisant réagir ce corps sur l'ester malonique sodé suivant notre technique habituelle, nous avons obtenu l'anisylmalonate d'éthyle [formule (I)] liquide incolore qui distille à 178-180° sous 3^{mm}. Cet ester malonique traité dans les mêmes conditions par le bromure d'allyle, nous a ensuite donné, avec un rendement théorique, l'ester anisylallylmalonique [formule (II)] qui distille à 185-187° sous 3^{mm}.



La saponification de ce dernier ester, suivie de la décomposition par chauffage dans le vide vers 160° de l'acide malonique correspondant, donne l'acide anisylallylacétique [formule (III) accompagné d'une faible quantité d'une lactone (1 à 2 pour 100)]; on la sépare par l'action d'une solution de carbonate de sodium qui dissout l'acide et laisse la lactone que l'on extrait à l'éther. L'acide régénéré de la solution alcaline est un liquide visqueux distillant à 184° sous 3^{mm}, mais se transformant abondam-

(¹) G. Darzens, *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 748; **190**, 1930, p. 1362; G. Darzens et Heinz, *ibid.*, **184**, 1927, p. 33; G. Darzens et A. Lévy, *ibid.*, **194**, 1932, p. 2056; **199**, 1934, p. 1426.

ment en la lactone précédente. Cette lactone est liquide et distille à 182° sous 4^{mm}; nous lui assignons la formule (IV), qui en fait une γ-lactone,

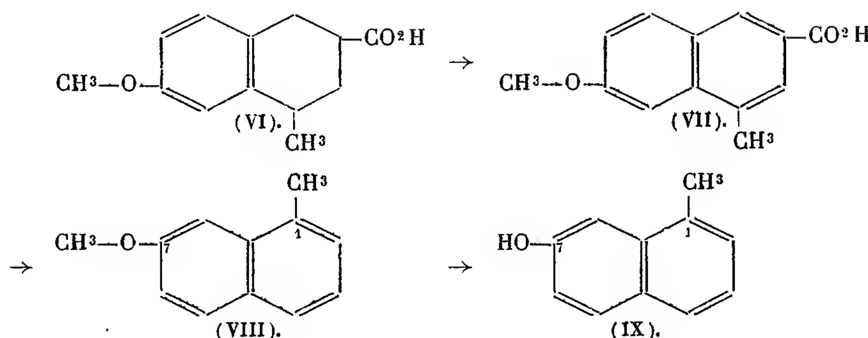


La cyclisation hydronaphtalénique de l'acide anisylallylacétique se réalise par l'action à froid de trois fois son poids d'acide sulfurique à 80 pour 100. On obtient d'abord une solution limpide, mais, au bout de quelques heures, il apparaît des cristaux qui envahissent la masse; après 48 heures, la réaction est terminée et l'on reprend le tout par une solution de carbonate de sodium à 10 pour 100 qui dissout l'acide cyclisé et laisse une lactone que l'on isole comme dans le cas précédent. Cette lactone est différente de la première, elle est cristallisée, fond à 57° et distille à 182° sous 4^{mm}. Nous lui assignons la formule (V) qui en fait une δ-lactone. Ces formules de constitution dérivent des faits suivants : la lactone (IV), traitée par H^2SO^4 à 80 pour 100, se transpose et donne environ 55 pour 100 d'acide cyclisé [formule (VI)] et 45 pour 100 de la lactone cristallisée; au contraire, cette dernière est complètement stable, l'acide sulfurique la dissout, mais sans lui faire éprouver la moindre transformation, en diluant cette solution, on la régénère intégralement.

L'acide cyclisé, ou méthylméthoxytétrahydronaphtalénique de formule (VI), fond à 123°, son ester méthylique fond à 53° et distille à 183° sous 11^{mm}, son ester éthylique est liquide et distille à 185° sous 11^{mm}.

La déshydrogénation de l'acide (VII) a présenté des difficultés inattendues, car il résiste à l'action du soufre et du sélénium, même à 350°. Par contre, les esters méthylique et éthylénique se déshydrogènent par le soufre dès la température de 270-280°. On obtient ainsi les esters de l'acide méthylméthoxynaphtalénique et, par saponification, l'acide correspondant

de formule (VII):



Cet acide fond à 218°, son ester méthylique fond à 94°, son ester éthylique fond à 85° et distille à 175° sous 2^{mm}.

Enfin, la décarboxylation de l'acide (VII) a pu être réalisée en chauffant son sel basique de baryum dans le vide et à 450°. On obtient ainsi le 1-méthyl-7-méthoxynaphtalène [formule (VIII)], corps à odeur forte et désagréable, fondant à 42° et distillant à 148-149° sous 11^{mm}, et dont le picrate fond à 123°. Par l'action de HI, ce corps donne enfin le 1.7-méthylnaphtol [formule (IX)] dont le benzoate fond à 108° et qui a déjà été obtenu par K. Dziewonski et T. Waszkowski [1] à l'aide d'une autre méthode.

MINÉRALOGIE. — *Sur la teneur en eau et la déshydratation des sépiolites.* Note [2] de M. **Georges Migeon.**

Les minéraux qui ont reçu les noms équivalents de sépiolite, magnésite ou écume de mer n'ont pas toujours été définis par des caractéristiques physiques ou chimiques précises ayant une valeur spécifique.

Nous avons repris l'étude des sépiolites au moyen de quatre procédés d'examen bien adaptés aux corps cryptocristallins : étude des variations en fonction de la température de la teneur en eau, du volume, des propriétés thermiques et du réseau cristallin. Le but, qui était de rechercher s'il existait des propriétés communes aux divers échantillons et pouvant servir de caractéristiques de l'espèce, exigeait l'examen d'un assez grand nombre

---

(1) *Bulletin Acad. polonaise*, A, 1929, p. 604, et *Chemical Abstracts*, 25, 1931, p. 1241.

(2) Séance du 28 janvier 1935.

d'échantillons. Une conclusion ne peut être tirée que sur le vu de l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus.

Nous commençons ci-dessous l'examen succinct de ces résultats en nous limitant aux échantillons les plus purs et écartant ceux pour lesquels les propriétés spécifiques sont masquées par des impuretés que nos méthodes même nous ont permis de définir. Ces sépiolites ont les origines suivantes :

I. de Salinelle, cryptocristalline; II. Ampandrandava ([1]), cristalline fibreuse; III. Cabanas, cryptocristalline; IV. Vallécas, cryptocristalline; V. Coulommiers, cryptocristalline en plaquettes; VI. Schumla, cryptocristalline, type écume de mer; VII. Mogador, cryptocristalline.

Leur composition chimique, teneur en eau mise à part, est la suivante :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
	%	%	%	%	%	%	%
SiO^2........	68	68,06	69,96	68,31	67,06	68,29	63,50
MgO........	29,84	27,42	27,34	30,20	28,50	30,30	32,32
CaO........	0,79	0,26	0,8	–	2,09	0,76	1,16
Al^2O^3.......	0,96	0,70	0,60	1,77	0,98	–	1,38
Fe^2O^3.......	0,60	3 + 0,50FeO	0,70	–	0,71	–	1,61
CO^2........	traces	–	–	–	1,39	–	–

Teneurs en eau exprimées en pourcentage de résidu sec pour faciliter les comparaisons des divers échantillons rangés dans le même ordre que ci-dessus.

Teneurs totales.

	29,83	30,20	25,63	26,42	26,91	36,74	33,30

Teneurs partielles.

Eau......	−18,72	20,04	13,54	15,76	15,49	22,59	23,08
Eau......	+11,11	10,16	12,09	10,66	11,42	14,15	10,22

Mode de départ de l'eau entre 120° *et* 1000°. — Ce mode a été déterminé en suivant la perte de poids d'une prise d'essai suspendue à une balance et placée dans un four à température variable, dont l'atmosphère était maintenue à une teneur en vapeur d'eau correspondant à la tension de vapeur saturée à 15°. Un procédé d'enregistrement optique a permis d'effectuer des déterminations continues avec loi de variation linéaire, l'intervalle 120°-1000° pouvant être parcouru dans des temps variant de 3 heures à 8 jours.

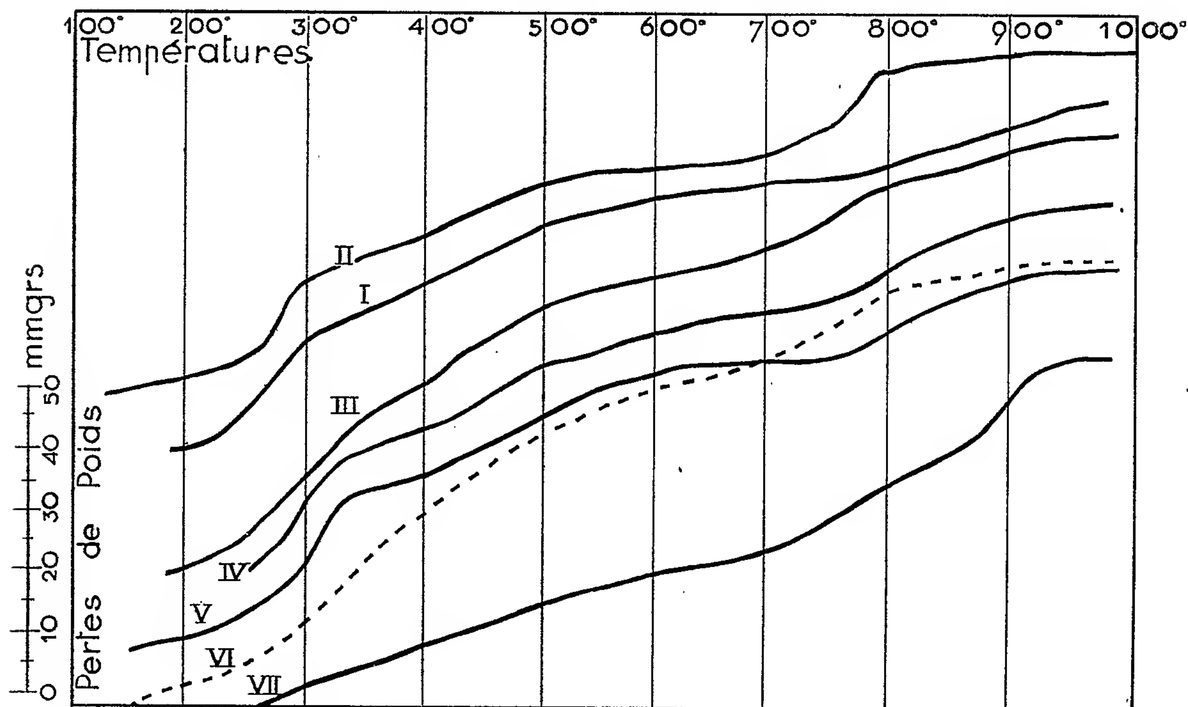
Des résultats obtenus nous extrayons les courbes correspondant aux sept échantillons précités, la montée de 120° à 1000° étant effectuée en 8 heures sur des prises d'essai préalablement desséchées à l'étuve à 120° jusqu'à équilibre.

L'aspect général de ces courbes montre immédiatement un fait important : pour

---

([1]) Cette curieuse variété a été récemment décrite par Mlle Caillère (*Comptes rendus*, 196, 1933, p. 416).

tous ces échantillons, l'eau part progressivement en fonction de la température sans donner lieu à des discontinuités à la fois importantes et brusques. Le ralentissement, même très accentué, de la vitesse de variation de température modifie peu les courbes. Nous avons d'ailleurs vérifié par points ces états d'équilibre en maintenant fixes, pendant plusieurs jours, certaines températures échelonnées.



Les résultats qui précèdent conduisent aux conclusions partielles suivantes :

1° Les sépiolites, même d'apparence cristalline homogène, contiennent une quantité d'eau toujours importante mais variable, partant avant 120°. On a fréquemment discuté de la signification de cette eau et de l'utilité de la faire figurer dans la formule chimique représentative des sépiolites. Nous la considérons comme eau « hygroscopique » comme il est d'usage pour une eau aussi labile et en raison des fluctuations de teneur. Aucun fait, momentanément du moins, ne conduit à lui donner une qualité spécifique.

2° Les sépiolites ont une teneur en eau au-dessus de 120° assez constante représentant 10 à 11 pour 100 du corps à l'état sec.

3° Cette teneur rapportée à la composition moléculaire $3\,SiO^2.\,2\,MgO$ couramment admise pour les sépiolites et à laquelle correspondent assez bien les échantillons I à VI n'atteint jamais la valeur $2\,H^2O$. La représen-

tation concordant avec les résultats expérimentaux ci-dessus serait : $3 SiO^2.2 MgO.1,5 H^2O$ pour les échantillons I à VI et $4 SiO^2.3 MgO.2 H^2O$ pour l'échantillon VII.

4° Le mode de départ de cette eau montre qu'il n'existe pas d'hydrates bien définis à tension de dissociation nette, sous la forme où on les rencontre couramment dans le domaine minéral.

5° Les courbes de déshydratation montrent cependant des discontinuités ou des inflexions plus ou moins accentuées se produisant à des températures un peu variables d'un échantillon à l'autre, ayant une certaine régularité pour l'ensemble et situées vers les températures moyennes 330°, 550°, 750°.

La comparaison avec les autres procédés d'étude mis en œuvre accentue le caractère spécifique de ces anomalies et permet de les interpréter.

GÉOLOGIE. — *Les premiers Mollusques fossiles recueillis en Afrique équatoriale française, dans les formations du bassin intérieur du Congo.* Note de M. V. **Babet**, présentée par M. Douvillé.

Au cours du séjour que je viens de passer en Afrique équatoriale française, j'ai notamment exploré la partie méridionale des plateaux batékés. Cette région s'étend à l'est de celle que j'ai précédemment décrite (¹). La présente Communication n'a pour but que de signaler la découverte de fossiles dans les grès de Kounzoulou sur le bord du Congo, à une centaine de kilomètres au nord-est de Brazzaville.

Ce sont les premiers Mollusques fossiles trouvés en Afrique équatoriale française dans les formations intérieures du Bassin du Congo.

En amont du Stanley-Pool, le fleuve se resserre dans le *Couloir* dont les versants sont plus ou moins abrupts, parfois en falaises, et au sommet desquels s'étend, à une altitnde de 600-700^m, le plateau batéké, alors que le niveau du fleuve est à 280^m environ.

Le terrain est constitué par les grès blancs tendres du Loubilache, à stratification entre-croisée, recouverts par une épaisse formation sableuse plus ou moins remaniée.

Par places, surtout dans les vallées, on rencontre de gros blocs de roches calcédonieuses à aspect de meulières ou de quartzites dites *roches poly-*

(¹) *Observations géologiques dans la partie méridionale de l'Afrique Équatoriale française* (*Thèse*, Paris, 1932).

morphes dues à la silification des grès tendres sous-jacents. Nous avons fréquemment observé le passage d'une forme à l'autre. Les blocs de roches polymorphes, mélangés à des galets et graviers, constituent sur le bord du Congo les dépôts de terrasses du fleuve.

La roche fossilifère en question a été trouvée sur le bord même du fleuve à 300^{m} environ en amont du poste à bois de Kounzoulou-Mélèze, parmi de gros blocs de roches polymorphes [1]. C'est un grès à grains de quartz plus ou moins arrondis, réunis par un ciment siliceux, calcédonieux. Il est rempli de Gastropodes qui ont été rapprochés du genre *Melania* par MM. Douvillé, Cottreau et Germain.

Les formes moyennes ont 15^{mm} de longueur et de 4 à 7^{mm} de diamètre au dernier tour. Ces coquilles présentent une série de cordons, ornés de petits tubercules; d'autres échantillons paraissent plutôt carénés. Parfois on aperçoit des stries transversales d'accroissement. Ces coquilles semblent appartenir à une même espèce. A côté des Melanies, nous avons observé des restes d'organisme, analogues à des bivalves, mais indéterminables.

Pour le moment, nous nous contenterons de dire que nous sommes ici en présence d'une formation d'eau douce, analogue à celle du mont Bunza, de la vallée de la Lubudi (Congo belge) et de la plaine de Cassange (Angola) décrite par Leriche [2], Polinard [3] et Mouta [4], où ont été trouvés des *Physes*, des *Paludines*, des *Planorbes*, des *Bulinus* et des restes de *Chara*. La *Melania* de Kounzoulou ne nous apporte pas d'indications précises d'âge. Suivant M. Douvillé, qui a bien voulu examiner nos échantillons, elle se rapprocherait de formes tertiaires.

Nous rappellerons que les couches supérieures du Loualaba-Loubilache datées sont attribuées au Rhétien. Il ne fait pas de doute que les formations du bassin intérieur du Congo, qu'il est convenu d'appeler Loubilache, cor-

---

[1] La présence de fossiles à Kounzoulou m'a été signalée par un prospecteur, M. Buffet, qui l'avait remarquée dans un tas de cailloux destinés à une construction. Après de longues recherches sur le bord du fleuve, j'ai trouvé la roche fossilifère à la pointe de Kounzoulou, d'où proviennent mes échantillons.

[2] *Ann. Soc. géol. de Belgique. Publ. relat. au Congo*, 50, fasc. 2, 1926-1927, p. 46-50; H. de Raw, *Ibid.*, 1926-1927, p. 38-44.

[3] *Ann. Soc. géol. de Belgique. Publ. relat. au Congo*, 55, 1931-1932, p. 63-82.

[4] A. Borges et F. Mouta, *Compte rendu, Intern. Geol. Congress, XVe Session South-Africa*, II, p. 186-209.

respondent à une série compréhensive englobant des formations post-rhétiennes, dont la partie supérieure est représentée par les formations d'eau-douce fossilifères précitées, auxquelles viennent s'ajouter celles de Kounzoulou.

Ces formations se rapprochent de celles connues plus au Sud, en Rhodésie, dans le bassin du Zambèze où ont été trouvées *Viviparus*, *Paludestrina*, *Melania* (?), *Limnea*, *Isidora* et *Chara* [1]. Il paraît aussi intéressant de rappeler qu'une faune similaire avec *Planorbis*, *Limnea*, *Isidora*, a été signalée bien plus au Nord par MM. Douvillé et Tilho, dans les dépôts récents de la région du Tchad [2].

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge de l'horizon à lydiennes de la base du Carbonifère de la Montagne-Noire*. Note de MM. **Joseph Blayac**, **Rodolphe Böhm** et **Gaston Delépine**, présentée par M. L. Cayeux.

Le Carbonifère marin de la Montagne-Noire occupe la plus grande place dans l'aire synclinale qui couvre la partie sud-orientale de ce massif (voir Feuille géologique de Bédarieux au 1/80000e). En général, il débute au contact du Dévonien par un horizon de 10^m à 15^m d'épaisseur formé de lydiennes et de nodules phosphatés.

Comme dans les Pyrénées, cet horizon est bien viséen ou à la limite du Viséen et du Tournaisien, et non tournaisien selon l'opinion généralement admise sur la foi de J. Bergeron. Ce savant s'était surtout fondé sur la concordance apparente sinon réelle qu'on observe entre Lydiennes et Dévonien, car les seuls fossiles dont il avait pu disposer étaient des *Orthocères* et un *Glyphioceras* indéterminables [3].

L'âge viséen de la formation à lydiennes est basé sur la faune de Goniatites, objet de cette Note. Par ses recherches méthodiques l'un de nous, R. Böhm, a découvert cette faune dans les nodules phosphatés à Cabrières et à Saint-Nazaire-de-Ladarez (Hérault); elle comprend avec sept espèces de *Goniatites* différentes, des *Orthocères*, des *Crustacés phyllopodes et cirripèdes*, des débris de *Crinoïdes* et de *plantes* (bois flottés et *Lepidostrobus*).

---

[1] H.-B. Maufe, *Ann. Soc. géol. de Belgique. Publ. relat. au Congo*, 52, 1928-1929.

[2] H. Douvillé et Tilho, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1012.

[3] *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 27, 1899, p. 659.

Rüst a bien découvert dans les nodules de Cabrières (¹) les mêmes Radiolaires que dans les lydiennes du Hartz; mais ils sont sans valeur stratigraphique comme les débris de *Bellerophon* et d'*Encrines* qu'y signale H. Théron (²). A la Faculté de Montpellier se trouvent quelques nodules dans lesquels M. G. Delépine avait déjà reconnu les genres *Aganides* et *Pericyclus*.

Voici quelques données sur les sept Goniatites de la nouvelle faune :

1° Nombreux spécimens d'*Aganides* dont une seule espèce a été reconnue : *A. ornatissimus* de Kon.. Le type provient des formations waulsortiennes du Comté de Limerick (Irlande); Douglas (³) a montré que certaines de ces formations sont du Tournaisien supérieur. Cette espèce se trouve dans les calcaires d'Erdbach-Breitscheid (Westphalie), équivalent latéral des calcaires à *Productus sublaevis* du Viséen inférieur (⁴).

2° Le genre *Pericyclus*, le plus abondamment représenté en individus et en espèces : *P. Kochi* Holz. espèce des calcaires d'Erdbach. Holzapfel y a rapporté aussi *P. fasciculatus* de Kon. du récif waulsortien des Pauquys (Belgique).

P. Hauchecornei Holz., espèce rare des calcaires d'Erdbach.

P. fasciculatus Mc Coy, commun à Saint-Nazaire-de-Ladarez. On l'a trouvé en Irlande et en Belgique dans le Waulsortien sans qu'on en puisse préciser le niveau tournaisien ou viséen. Holzapfel le signale à Erdbach sous le nom de *P. furcatus* Mc Coy.

Pericyclus sp. nov. : deux exemplaires, l'un de Cabrières, l'autre de Saint-Nazaire-de-Ladarez.

3° *Nomismoceras Frechi* Schm. : cinq exemplaires de Saint-Nazaire-de-Ladarez dont deux avec leur ligne de suture. Le type est du Viséen inférieur de Weitengrund (Sudètes) (H. Schmidt, *loc. cit.*, p. 497). *N. Frechi* est aussi dans le marbre noir du Viséen inférieur de Dinant (⁵).

4° *Protocanites* sp., genre connu avec certitude au Tournaisien supérieur; peut-être apparaît-il plus tôt et persiste-t-il aussi plus longtemps?

En résumé, nos Goniatites se répartissent ainsi :

(¹) *Palaeontog.*, 38, 1891, p. 107.
(²) Zeiller, *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 881.
(³) *Quart. Journ. G. S.*, 65, 1909, p. 538.
(⁴) Voir H. Schmidt, *Jahrb. preuss. Geol. Landes*, 44, 1925, p. 492.
(⁵) G. Delépine, *Livre jubil. Soc. geol. de Fr.*, 1930, p. 213.

	Tournaisien inf.	Tournaisien sup.	Viséen inf.	Viséen sup.
1. *Aganides ornatissimus* de Kon.		——	——	
2. *Pericyclus Kochi* Holz			——	
3. » *Hauchecornei* Holz			——	
4. » *fasciculatus* Mc Coy		——	....	
5. » *sp. nov.*				
6. *Nomismoceras Frechi* Schmidt			——	
7. *Protocanites* sp.	....	——	....	

Gisements. — 1, 3, 5, Saint-Nazaire-de-Ladarez, Cabrières; 2, 4, 6, 7, Saint-Nazaire-de-Ladarez.

Conclusions. — Cette faune comprend trois espèces certaines, connues seulement au Viséen, et trois autres existant déjà au Tournaisien supérieur. L'horizon à lydiennes de la base du Carbonifère de la Montagne-Noire se place donc à la partie la plus inférieure du Viséen; il correspond probablement à celui des calcaires à *Productus sublaevis* et des calcaires noirs de Dinant, Denée et Bachant qui, en Ardenne, forment la base de cet étage.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence du Crétacé supérieur à la base de la série du Flysch du Sud de la province de Cadix.* Note (1) de M. **Albert Robaux**, présentée par M. Ch. Jacob.

Entreprenant l'étude du Nummulitique du Sud de l'Espagne, j'ai commencé par le Sud de la province de Cadix, où le Flysch présente le double intérêt de prolonger au Nord celui que MM. Fallot et Doncieux ont fait connaître dans le Rif espagnol (2), et d'avoir été élégamment cartographié par M. Juan Gavala (3), ce qui circonscrit les problèmes stratigraphiques.

Les Foraminifères recueillis ont été étudiés sous l'obligeante direction de M. Doncieux.

Les coupes relevées s'échelonnent sur 70^{km} entre le massif éruptif de la Sierra Bermeja, près d'Estepona, à l'Est, et par Algésiras, jusqu'à Médina-Sidonia, à l'Ouest. Elles révèlent, à la base du Flysch, un Crétacé supérieur certain.

(1) Séance du 28 janvier 1935.

(2) P. Fallot et Doncieux, *Comptes rendus,* 200, 1935, p. 76.

(3) J. Gavala, *Estrecho de Gibraltar*, Excursion A 1-XIV° Congreso geologico internacional, Madrid 1926 et carte au 1/100 000° de la province de Cadix (non en vente).

Un premier profil montre le contact de ce Flysch inférieur avec le pointement à Jurassique et à Crétacé inférieur pénibétiques, étudié par M. Blumenthal [1], à l'Ouest de Manilva. Il y apparaît de bas en haut :

1. Marnes grises ou rouges avec passées gréseuses, discordantes sur le Crétacé pénibétique; cette série, incomplète, n'a que quelques mètres.

2. Grès fins, gris ou brun noirâtre, assez calcaires, avec *Rosalina* sp., Orbitoïdés, Rotalidés, Globigérinidés, Textularidés, spicules d'Éponges et prismes d'Inocérames.

3. Brèche calcaire à gros éléments. Collée sur des grès à *Rosalina*, elle est stérile sur quelques décimètres, puis datée par des Nummulites du Lutétien inférieur.

L'assise 2 est certainement du Crétacé supérieur, et l'assise 1, qui lui est subordonnée, appartient aussi au Secondaire.

La puissance du niveau 2 ne peut être précisée ici, car les grès à Rosalines sont tronqués par du Nummulitique transgressif.

Une deuxième coupe a été relevée, à 12^{km} de la précédente, près du chemin muletier d'Estepona à Casares, au Cerro de Argüelles, au contact des péridotites de la Sierra Bermeja (zone bétique). Elle montre de bas en haut :

1° Marnes rouges et grises, azoïques, avec passées gréseuses vers le haut (150^{m} à 200^{m}).

2° Marnes plus généralement gris foncé, à passées très fréquentes de grès qui, dans le haut de la coupe, règnent seuls (40^{m} à 60^{m}). Ces grès m'ont fourni : *Rosalina* sp. (mauvais débris), des Orbitoïdés, Rotalidés, Textularidés et de très abondants prismes d'Inocérames. Ceux-ci, d'après M. Doncieux, s'ajoutent aux Foraminifères pour caractériser nettement le Crétacé supérieur rifain et l'on n'en trouve jamais ni dans l'Éocène, ni dans l'Oligocène. C'est de nouveau du Crétacé supérieur daté.

3° Calcaires et brèches du Lutétien inférieur transgressif. La retombée Nord du pli anticlinal qui montre cette coupe laisse apparaître encore des grès de Crétacé supérieur avec *Rosalina* sp., prismes d'Inocérames, etc., à quelques dizaines de mètres des péridotites de la Sierra Bermeja. La suite de la série a été enlevée là par l'érosion.

Vers Algésiras, on retrouve encore une succession analogue. Bien que

---

[1] M. Blumenthal, *Das Westende des Betikums Nördlich dem Campo de Gibraltar* (*Ass. pour l'étude géologique de la Méditerranée occidentale*, IV, n° 2, Part II, avril 1933, p. 1 à 44).

les grès fins n'aient rien révélé en plaque mince, l'analogie de cette formation avec les niveaux 1 et 2 des coupes précédentes et sa position identique sous le Lutétien inférieur permet de l'attribuer aussi au Crétacé supérieur.

Ce Flysch sous-jacent au Lutétien se poursuit dans le Campo de Gilbraltar, au moins jusqu'à la hauteur de San Pablo, et explique la monotonie des reliefs de cette région.

Vers l'Ouest, je l'ai observé jusqu'aux environs de Medina-Sidonia. Près de cette ville, au Risco de Jimenez, j'ai relevé une coupe, partant du Trias subbétique, montrant encore, à la base, des marnes et des grès surmontés par les brèches du Lutétien. Ces grès contiennent *Rosalina* sp., des fragments d'Orbitoïdés et des prismes très nombreux d'Inocérames. Ils sont donc bien d'âge Crétacé supérieur.

Le contact du Flysch du Crétacé supérieur avec le Subbétique de Medina-Sidonia, le Pénibétique de Manilva et le Bétique d'Estepona ne présente pas un aspect de transgression ou de rivage. Il paraît mécanique et les grès n'y montrent jamais d'éléments empruntés aux massifs voisins.

Alors que les auteurs considéraient tout le Flysch de ces régions comme nummulitique et que M. J. Gavala n'y avait identifié ou distingué que le Lutétien, puis les masses terminales, oligocènes, des grès de l'Algibe, on voit que la série est en réalité plus complète.

A la base, un Flysch crétacé, sans doute Sénonien, apparaît sur 70^{km} de l'Est à l'Ouest et sur au moins 40^{km} du Sud au Nord. Il nous fournit, sous un faciès assez analogue, une réplique du Flysch sénonien décrit en bordure de l'arc calcaire du Rif par MM. Fallot et Doncieux (*loc. cit.*).

Le Nummulitique transgressif sur le Crétacé est, de même, plus complet qu'on ne le croyait jadis et fera l'objet d'une prochaine étude.

HYDROLOGIE. — *Sur l'expérience à la fluorescéine au gouffre du Paradis* (*Doubs*). Note de M. E. **Fournier**.

Au sud-est de Besançon la zone tectonique des Grands Plateaux du Jura dubisien possède dans les parages de Mamirolle et de l'Hôpital du Gros-Bois, de nombreux abîmes dont les deux plus importants sont les gouffres du Paradis et du Lachenau. Mes explorations de 1898 et 1899 avaient pénétré jusqu'à environ 200^{m} de profondeur dans celui du Paradis, à travers les étages bathoniens et bajociens. Des difficultés presque insurmontables n'avaient pas permis d'en atteindre le fond. Il en fut de même en 1930 et

1931 des nouvelles tentatives de MM. de Joly et André Contejean, contrariées par le mauvais temps et par de véritables crues d'eaux souterraines.

Or il y avait grand intérêt, au point de vue hygiénique et industriel à savoir à quelles résurgences débouchent les eaux que ces gouffres engloutissent dans les périodes pluvieuses.

En 1933 M. E.-A. Martel, président de la Section d'hydrologie du Comité national de Géodésie et Géophysique, me proposa donc d'effectuer, avec une subvention de cette section une expérience de coloration avec 20^{kg} de fluorescéine au Gouffre du Paradis. La sécheresse des deux étés de 1933 et 1934 ne permit de réaliser l'essai que le 6 novembre 1934 dans des conditions d'ailleurs excellentes, le ruisselet à l'orifice du Paradis débitant environ un litre par seconde.

20^{kg} de fluorescéine, dissoute dans l'eau additionnée de 10 *litres d'ammoniaque* furent déversés de 15^h à 16^{h}30^m et à partir du lendemain, on mit les résurgences en surveillance, sous la direction de M. l'Ingénieur du service vicinal à Orans, M. Bétant, à qui nous adressons nos très vifs remercîments.

Les *résurgences*, avec un *débit très abondant*, étaient extrêmement troubles, ce qui obligea à procéder à une *filtration préalable*, pour l'examen fluorescopique.

La première coloration fut constatée le 11 novembre à 15^h par M. Contejean, au *Puits de la Brême :* pas encore visible à l'œil nu, elle était, par contre, *très nette*, au fluorescope. Le 12 novembre à 8^{h}30^m, elle reste douteuse à l'œil nu, mais *plus nette encore* au fluorescope; le 13 novembre à 8^h, elle est faible à l'œil nu et commence à décroître au fluorescope; le 14 novembre à 8^h, on ne perçoit plus qu'une *teinte très faible* au fluorescope. Enfin, les échantillons des 15, 16 et 17 novembre se montrent *complètement négatifs*. La coloration a donc mis 5 jours à faire le trajet du *Gouffre au Puits de la Brême* (distance 5^{km} environ. Différence d'altitude 200^m environ), et a persisté à cette résurgence *pendant au moins* 3 *jours*. Une expérience faite en 1899 dans les *entonnoirs du Leubot* avait déjà montré que ces pertes *vont également au Puits de la Brême*.

Quant aux résurgences sur la rive droite de la Loue, à l'aval de Maizières, la *Source des îles*, fit voir la coloration nettement *visible à l'œil nu*, le 14 novembre à 8^h, *très intense* au fluorescope; elle s'est maintenue dans l'échantillon du 15 novembre à 7^{h}30^m, mais celui du 16 à 7^{h}30^m donne un résultat absolument négatif. Donc la coloration a mis 8 *jours* pour aller du Gouffre à la *Source des Iles* (distance 7^{km}, dénivellation 220^m environ), elle a duré deux jours, avec apparition et disparition brusques.

A la Source de *l'Écoutot* ou des *Accoutots*, la coloration apparaît le 12 novembre, à 11^h30^m du matin, douteuse à l'œil nu mais *nette* au fluorescope; le 13 novembre à 8^h du matin, on commence à la voir à l'œil nu et elle *s'accentue* encore au fluorescope; elle faiblit, les 14 et 15 et le 6 à 8^h elle a complètement disparu. Le trajet a donc duré 6 jours et la coloration un *peu plus de* 3 *jours* avec *disparition progressive* (distance, 7^{km} environ; dénivellation, 220^m environ).

Enfin, à la *Source du Maine*, une *teinte douteuse* apparaît au fluorescope, le 13 à 8^h et devient très nette le 15 à 7^h30^m, pour s'atténuer beaucoup le 16 à 7^h30^m. Durée du trajet 7 jours, et de 2 jours pour la coloration *peu intense*. La Source du Maine a donc été le moins fortement atteinte. Mon essai de 1896 avait déjà montré que cette source reçoit un bien plus fort appoint venant *des Marais de Saône*, passant au fond du puits de la *Belle Louise*.

Cette expérience de 1934 confirme toutes mes anciennes prévisions relatives aux *résurgences* de cette région et à *l'anastomose* des réseaux souterrains du *Paradis*, du *Leubot* et de la *Belle Louise*.

Les résurgences étant multiples, il serait bien difficile d'utiliser comme *réservoirs* les cavités *souterraines* de ces réseaux, bien qu'elles aient certainement une *capacité considérable*. La très grande variabilité *des débits* ferait aussi obstacle à leur utilisation éventuelle.

Enfin, il faut conclure une fois de plus (comme après les expériences du Doubs à la Loue en 1910, Martel et Fournier avec 100^{kg}; et du Trou di Toro aux *Goueils de Jouécu en* 1931, N. Casteret, avec 60^{kg}) qu'il y a toujours lieu d'employer des *quantités de matières colorantes très considérables :* les 20^{kg} du Paradis auraient risqué de passer inaperçus si je n'avais pas été fixé *à l'avance sur les points* où les colorations devaient avec toutes probabilités reparaître tout au moins au fluorescope. Si donc, on renouvelle un jour l'expérience, soit au *Lachenau*, qui appartient au même réseau, il sera opportun d'opérer avec 50^{kg} de fluorescéine au lieu de 20^{kg}.

PALÉONTOLOGIE. — *Répartition et valeur stratigraphique de* Nummulites uroniensis *A. Heim (de la Harpe) en Égypte et dans le bassin méditerranéen.* Note (1) de M. **Jean Cuvillier**, présentée par M. H. Douvillé.

Nummulites uroniensis A. Heim (2) (de la Harpe) (3), que Boussac (4) avait fait rentrer dans la synonymie de *N. perforatus* de Montf., a aujourd'hui retrouvé une individualité qu'on ne lui conteste plus guère; pourtant les travaux récents ne s'accordent pas encore sur la question de savoir si l'on doit en faire une espèce particulière (5) ou simplement la considérer comme une mutation de *N. aturicus* Joly et Leym (6) (= *N. perforatus* de Montf.).

Cette espèce, car je suis plutôt tenté de l'élever à ce rang, est représentée dans l'Éocène égyptien; elle y est signalée pour la première fois par M. H. Douvillé en 1929 (7), provenant du Gebel Raha au Sinaï et rapportée par cet auteur au Lutétien inférieur pris pour équivalent des couches supérieures de l'étage Libyen de Zittel. Un an plus tard, *N. uroniensis* était mentionnée au Gebel Géneffe, au N.-W. de Suez, dans les calcaires surmontés par le banc à *N. gizehensis* Forsk, et attribués encore par M. H. Douvillé (8) aux formations antérieures au Mokattam inférieur, assimilé au Lutétien supérieur.

J'ai, depuis, plusieurs fois retrouvé ce foraminifère dans le Nummulitique égyptien; je l'ai cité en 1930 (9) provenant des couches de la pierre à bâtir du Gebel Mokattam ainsi que des sédiments de même âge du plateau des pyramides de Gizeh; dans ces deux localités, *N. uroniensis* situé dans des dépôts plus récents que le banc à *N. gizehensis*, se place nettement dans le Lutétien supérieur. En ce qui concerne les échantillons que Menchikoff avait récoltés à mon intention dans une localité au N.-W. de Baharia, je

(1) Séance du 28 janvier 1935.

(2) *Abh. d. schweiz. paleont. Ges.*, 35, 1909, p. 223-226, pl. 1 et suiv.

(3) *Mém. Soc. paléont. Suisse*, 10, 1883, pl. 3, fig. 1-3.

(4) *Mém. Cart. géol. Fr.*, 1911 p. 73.

(5) De Lapparent, *Bull. de Géol. Fr.*, 5e série, 4, 1934, p. 79.

(6) L. Doncieux, *Bull. Inst. Catat. d'Hist. nat.*, 32, nos 4-6, 1933, p. 1-7.

(7) *C. R. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 20, 1920, p. 45-46, et 21, 1921, p. 133-135.

(8) *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 20, 1920, p. 106-107.

(9) *Mém. Inst. Eg.*, 16, pl. 14, fig. 6 et 13, 1930, p. 140 et suiv.

crois devoir les attribuer à *N. aturicus* type plutôt qu'à de véritables *N. uroniensis*.

D'autres gisements m'ont récemment fourni de nouveaux exemplaires de cette nummulite; je l'ai rencontrée dans l'oasis de Mouellah ([1]) au même horizon, vers la partie supérieure de l'Éocène moyen, en compagnie de *N. laevigatus* Brug; elle est aussi représentée dans les calcaires qui forment sur le flanc sud, les berges de l'ouadi el Tih, à l'Est de Méadi, à un niveau à peu près constant dans le Mokattam inférieur.

Telle paraît d'ailleurs être souvent sa position stratigraphique dans tout le bassin méditerranéen oriental; en Palestine, Picard ([2]) l'a récoltée au Gebel Abou Madwar avec *N. atacicus* Leym. var. *Beaumonti* d'Arch, au-dessus des couches à *N. gizehensis* Forsk., comme aux environs du Caire; au Mont Hébal, au N. de Naplouse ainsi qu'au Mont Garizim, cependant, c'est dans les formations sous-jacentes au niveau à grandes nummulites que Roman et Doncieux ([3]) ont, comme dans la région de Suez, identifié *N. uroniensis*. Si l'on veut être logique, et prendre pour type du Mokattam inférieur la série de base des sédiments du Gebel Mokattam, il faut d'ailleurs déjà situer dans le Lutétien supérieur cet horizon qui supporte la couche à *N. gizehensis*; il est effectivement représenté dans cette localité où il contient les fossiles que Barthoux ([4]) attribue encore au Libyen, *Natica (Cepatia) cepacea* Lmk, *Voluta arabica* M. E., *Ampullina* cf. *parisiensis* d'Orb., *Ampullina* cf. *Oweni* d'Arch., qui sont autant de formes caractéristiques des *Mokattamstufe*.

Autour du lac de Janina où Dalloni ([5]) l'a recueillie en compagnie de *N. complanatus* Lmk, *N. uroniensis* appartient probablement aussi au Lutétien moyen ou supérieur. En Bulgarie dans les environs de Varna, Gocev ([6]) signale ce fossile associé à une faune de foraminifères dont les affinités avec celle du Mokattam inférieur d'Égypte sont incontestables.

Il semble bien, par contre, que cette nummulite soit plutôt cantonnée dans le Lutétien inférieur du bassin méditerranéen occidental; on la retrouve, en effet, dans les Alpes-Maritimes ([7]), dans le bassin de

---

([1]) Échantillons déterminés par M. Doncieux.
([2]) *Centr. f. Min.*, n° 1, Abt. B, 1934, p. 23.
([3]) *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 14, 1927, p. 171-172.
([4]) *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 21, 1921, p. 104-105.
([5]) *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 4e série, 23, 1923, p. 285.
([6]) *Zeitsch. d. Bulg. Geol. Gesells.*, 5, 1933, p. 25 et 70, pl. 1, fig. 10.
([7]) De Lapparent, *loc. cit.*

l'Adour [1], en Espagne [2], dans le Rif marocain [3], etc., associée à des formes plus généralement caractéristiques du Lutétien ancien, telles *N. irregularis* Desh., *N. atacicus* Leym. J'ai déjà eu l'occasion [4] de faire remarquer cette différence sensible dans les âges respectifs de foraminifères représentés à la fois dans les régions extrêmes du géosynclinal méditerranéen; elle se trouve réalisée aussi pour *N. lævigatus*, espèce qui n'a dû arriver dans la zone égyptienne, en compagnie de *N. uroniensis* et de *N. Lucasi* d'Arch., que dans la seconde moitié de l'Éocène moyen.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de certains dérivés de la quinoléine sur la végétation.* Note [5] de MM. **Fron** et **Monchot**, présentée par M. Mangin.

L'étude de quelques composés antiseptiques organiques nous a amené à porter notre attention sur les dérivés de la quinoléine et tout particulièrement sur le sulfate neutre d'ortho-oxyquinoléine $(C^9H^7ON)^2SO^4H^2$, connu sous le nom de cryptonol.

Ce produit est un anticryptogamique puissant : apporté à la dose de 1/100000e et même à des doses plus faibles dans des cultures de *Rosellinia* (*R. aquila*, *R. necatrix*), de *Fusarium* (*F. Dianthi*), de *Tilletia*, etc., il enraye tout développement de champignon et l'un de nous a préconisé son emploi pour lutter contre *Cercosporella herpotrichicides* Fron [6].

La présente Note a pour but de montrer que, à ces mêmes doses, le produit se comporte de manière différente vis-à-vis du complexe microbiologique contenu dans la terre végétale et tout particulièrement vis-à-vis des azotobacters du sol.

Nous avons cherché à l'aide de la méthode Winogradski dite des plaques de terre moulée [7] comment se comportent les azotobacters contenus dans une terre lorsque celle-ci est additionnée d'une proportion déterminée de sulfate neutre d'*o*-oxyquinoléine.

---

(1) H. Douvillé, *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 20, 1920, p. 14-16.

(2) L. Doncieux, *loc. cit.*

(3) J. Lacoste, *Service des Mines du Maroc*, 1, 1934, p. 335 et suiv.

(4) J. Cuvillier, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 762.

(5) Séance du 28 janvier 1935.

(6) G. Fron, *C. R. Académie d'Agriculture*, 20, 1934, p. 664-650.

(7) S. Winogradsky, *B. de l'Inst. Pasteur*, 39, 1925, p. 229-355 et suiv.

Un échantillon de bonne terre végétale est divisé, après tamisage, en plusieurs lots dont l'un est réservé comme témoin, les autres étant additionnés de sulfate neutre d'*o*-oxyquinoléine en proportion telle que, en volume de terre, l'on ait des concentrations de produit variant du 1/1000ᵉ au 1/100000ᵉ. Sur chaque lot ainsi préparé on effectue le comptage des colonies d'azotobacters.

	Témoin.	1/1000ᵉ.	1/10 000ᵉ.	1/50 000ᵉ.	1/100 000ᵉ.
Nombre de colonies.......	20	12	80	56	38

Sans chercher pour le moment l'explication de ce premier résultat, nous nous sommes attachés à préciser la concentration en sulfate la plus favorable à la prolifération des azotobacters et, dans ce but, nous avons répété l'opération précédente sur des échantillons de terre végétale d'origines diverses en faisant varier les doses de sulfate neutre d'*o*-oxyquinoléine. Nous avons alors constaté que, quelle que soit la terre envisagée et, par suite, quel que soit le nombre de colonies d'azotobacters développées dans les terres témoins, une concentration déterminée en sulfate amène des modifications de même ordre dans le nombre des colonies par rapport au témoin. Ce que nous traduisons dans le tableau qui suit par les colonnes R où se trouvent exprimés les rapports entre le nombre des colonies obtenues pour une concentration donnée de ce sulfate et le nombre de colonies du témoin correspondant.

	Terre A.		Terre B.		Terre C.		Terre D.	
	Colonies.	R.	Colonies.	R.	Colonies.	R.	Colonies.	R.
Témoins	18	–	20	–	74	–	11	–
Sulf. n. *o*-oxyq. 1/1000....	12	–0,5	12	–0,6	–	–	–	–
» 1/6000....	–	–	–	–	180	+ 2,4	–	–
» 1/8000....	–	–	–	–	262	+ 3,5	–	–
» 1/10000...	83	+4,5	80	+4	315	+ 4,2	49	+ 4,4
» 1/20000...	–	–	–	–	940	+12	141	+12
» 1/50000...	–	–	56	+2,8	–	–	22	+ 2
» 1/100000..	40	+2,2	38	+1,9	–	–	–	–

Ces chiffres nous permettent de tracer la courbe ci-contre.

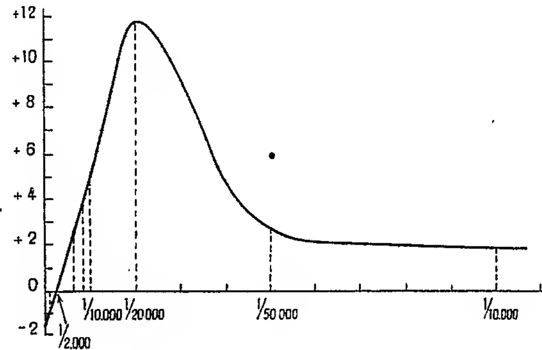
D'où 1° : pour toute concentration inférieure au 1/2000ᵉ il y a augmentation du nombre des colonies d'azotobacters par rapport au témoin; autour du 1/20000ᵉ le maximum de développement des azotobacters est obtenu;

2° toute concentration égale au 1/2000ᵉ ne modifie pas sensiblement le développement des azotobacters;

3° toute concentration supérieure au 1/2000ᵉ réduit ce développement.

Or Winogradski a établi que « l'activité des azotobacters est liée à la fertilité de la terre qui les héberge », que « la méthode de culture spontanée des azotobacters par plaques moulées peut fournir des indications sur la qualité de la terre intéressant la culture générale ».

L'apport de sulfate neutre d'*o*-oxyquinoléine en proportion telle que le développement des azotobacters ne se trouve pas modifié ou se trouve augmenté, ne modifie donc pas ou accroît la fertilité de la terre, alors que ces



mêmes proportions sont, comme nous l'avons établi au début de cette Note, essentiellement toxiques pour les champignons.

Lors de nos essais avec plaques de terre moulées, nous avons d'ailleurs constaté en fin d'expérience que les plaques ayant reçu du sulfate étaient indemnes de toute moisissure, alors qu'il y en avait d'abondantes sur les terres témoins; et, d'autre part, sur des blés semés en octobre dernier, nous observons dès maintenant une végétation plus accentuée sur certaines parcelles qui ont été traitées au sulfate neutre d'*o*-oxyquinoléine que sur les parcelles témoins.

Nous sommes donc autorisés à conclure de ces premiers travaux que le sulfate neutre d'ortho-oxyquinoléine apporté en proportion convenable dans le sol entrave l'évolution des champignons susceptibles de s'y trouver et ne nuit pas à la fertilité de ce sol, étant même capable d'activer la prolifération des azotobacters contenus.

OPTIQUE APPLIQUÉE. — *Inconvénient du didyme dans les verres de lunettes.* Note de M. **Aron Polack**, présentée par M. Ch. Fabry.

On incorpore depuis quelque temps dans les verres de lunettes un sous-produit de l'extraction du thorium, livré dans le commerce sous le nom de didyme et contenant un mélange de néodyme, de praséodyme et de cérium. Cette pratique ne paraît guère justifiée, comme nous allons le voir, en examinant le mécanisme de la vision distincte.

On sait depuis Newton que notre œil est loin d'être achromatique. Les auteurs évaluent à $0^{mm},5$ ou $0^{mm},6$ la distance entre les foyers rouge et violet. Comment avec une telle dispersion focale la vision nette est-elle possible ? Newton nous donne une réponse juste et simple; elle se résume dans les trois propositions suivantes : les radiations jaunes frappent plus les sens de la vision que tout le reste du spectre pris dans son ensemble. La mise au point de l'image rétinienne se fait sur ces radiations, les plus lumineuses du spectre. Le cercle de dispersion n'est pas éclairé uniformément, mais la lumière y est fortement collectée au centre et décroît rapidement en allant vers la périphérie.

La question etait donc résolue, lorsqu'un siècle plus tard, d'Alembert y revient avec une hypothèse absolument gratuite qui cependant fait fortune et détrône les idées justes de Newton. D'après cette hypothèse, la mise au point de l'image rétinienne s'opère sur le cercle de diffusion commun aux radiations rouges et violettes, à l'endroit où le faisceau lumineux intra-oculaire est le plus étroit. Cette manière de voir est en contradiction manifeste avec les faits et n'explique nullement la netteté de la vision, le diamètre du cercle de diffusion rouge-violet étant beaucoup trop considérable pour permettre la définition de $1'$.

Il est donc grand temps d'abandonner définitivement l'hypothèse indéfendable de d'Alembert et de revenir à la conception saine de Newton. Celle-ci nous explique que l'image rétinienne, mise au point sur les radiations jaunes, reste nette malgré le chromatisme très accusé de l'œil, parce que, dans cette mise au point, la lumière est fortement collectée au centre de la tache de dispersion et décroît rapidement vers la périphérie.

Helmholtz montre suivant quelle loi se fait cette décroissance de l'éclat lumineux. Il établit par intégration une formule générale qui permet de calculer l'intensité totale en un point quelconque de la tache de dispersion;

mais il suppose que les radiations de mise au point se réunissent en un point géométrique. Pour cette raison, sa formule, qui fournit pour les bords des résultats corrects, donne pour l'éclat du centre une valeur infinie.

Afin d'éviter cette cause d'erreur, nous avons admis avec M. Florian que le plus petit diamètre possible de l'image rétinienne ne peut être inférieur à celui de la tache de diffraction. Nous avons donc remplacé le point géométrique par cette petite valeur et tracé notre première courbe, sur les données de l'œil réduit, d'après la formule de Helmholtz. Mais celle-ci présente en outre l'inconvénient de ne pas permettre d'introduire dans le calcul les coefficients physiologiques, indiquant la sensibilité relative de la rétine pour les diverses radiations du spectre. Pour surmonter cette difficulté, nous avons dû considérer non pas une somme d'éléments en nombre infini, mais une quantité limitée de cercles de dispersion convenablement choisis. Il devenait alors facile d'indiquer pour chaque radiation le coefficient d'éclat correspondant.

Comme il est difficile de préciser l'erreur ainsi commise, nous avons d'abord dressé une courbe, en supposant avec Helmholtz que toutes les radiations ont le même éclat intrinsèque et nous l'avons comparée à celle fournie par sa formule. La concordance fut telle que nous pouvons considérer les courbes établies par points avec un nombre limité de radiations comme exprimant le phénomène avec une précision très satisfaisante. Ceci étant, nous avons dressé une nouvelle courbe, en introduisant, d'après les données de Vierordt, les coefficients de sensibilité rétinienne pour les diverses radiations du spectre. Comme il fallait s'y attendre, l'intensité décroît plus rapidement dans cette dernière courbe que dans les précédentes. Ceci montre l'avantage de la mise au point de l'image, suivant les idées de Newton, sur les radiations jaunes, les plus lumineuses du spectre.

Or les verres au didyme absorbent précisément ces radiations jaunes; ils modifient donc défavorablement les conditions de la vision distincte et pour cette raison ne peuvent être employés comme verres de lunettes. Le fait que, par leur teneur en cérium, ils absorbent également les rayons ultraviolets ne saurait justifier un tel emploi, car, si l'affaiblissement du jaune est un inconvénient évident, l'utilité d'éliminer l'ultraviolet, dans les circonstances habituelles de la vision, n'est rien moins que démontrée.

Tout le monde sait que le verre ordinaire absorbe déjà passablement les rayons ultraviolets, cependant nous ne sommes pas plus incommodés à l'œil nu qu'avec des lunettes aux lumières du jour et des sources d'éclairage usuelles. On sait aussi que l'œil jeune est plus perméable aux rayons ultra-

violets, mais pourrait-on prétendre que les jeunes souffrent davantage à la lumière que les personnes âgées? L'ultraviolet, dans les conditions normales de la vision, n'est donc qu'un mal imaginaire; le combattre par les verres au didyme, c'est lui substituer délibérément un désavantage réel.

Dans certains cas spéciaux, lorsqu'il s'agit de protéger les yeux contre des sources intenses d'ultraviolet, des verres au cérium, débarrassé du néodyme et du praséodyme, seraient d'une utilité incontestable.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la mesure de l'acuité visuelle au moyen de franges d'interférence.* Note de M. **Yves Le Grand**, présentée par M. Charles Fabry.

On mesure souvent l'acuité visuelle au moyen de traits noirs parallèles sur fond blanc; l'acuité se définit par l'angle θ sous lequel on voit la distance de deux traits consécutifs lorsque les stries de la mire sont juste perceptibles. Dans une telle méthode, les irrégularités dioptriques du système visuel et la diffraction de la lumière peuvent intervenir tout autant que la structure discontinue de la rétine.

Au contraire les franges d'interférence permettent de mesurer isolément le pouvoir séparateur de la rétine : si l'on regarde une source éloignée et quasi ponctuelle en plaçant contre la cornée un écran percé de deux petits trous de rayon r, écartés de d, la tache de diffraction commune apparaît striée de franges (Young); avec une vis micrométrique on augmente d jusqu'à disparition des franges, l'acuité sera $\theta = \lambda : d$, où λ désigne la longueur d'onde dans l'air de la lumière utilisée. Les pinceaux lumineux étant très déliés, on n'a plus à tenir compte des irrégularités de l'œil. Quant à l'éclairement du système de franges, on le calcule aisément : soit e l'éclairement sur l'écran placé contre la cornée; la frange brillante centrale correspond à un éclairement de la rétine : $E = 4e[(\pi r^2)/(\lambda f)]^2$, où f désigne la distance du deuxième point nodal à la rétine ($f = 16^{mm},5$).

Il est intéressant de comparer les résultats ainsi obtenus aux déterminations usuelles de l'acuité; pour se placer dans des conditions analogues, on choisira comme trame un autre système de franges d'interférence, par exemple celui que donne un compensateur de Babinet entre nicols. Le champ sera pris du même ordre de grandeur qu'on avait pour la tache de diffraction (une trentaine de minutes dans nos expériences, où $r = 0^{mm},06$).

Enfin l'éclairement E′ de la rétine pour les franges brillantes devra être voisin de l'éclairement E précédemment défini; en désignant par B la brillance moyenne du champ d'observation et par S la surface de la pupille d'entrée (trou de 3mm de diamètre placé contre la cornée), cet éclairement E′ a pour expression : $E' = 2BS/f^2$.

Résultats. — Soit donc θ le pouvoir séparateur de la rétine mesuré au moyen des franges d'Young, la frange centrale produisant un éclairement E sur la rétine; soit d'autre part θ′ l'acuité de l'ensemble de l'œil, mesurée au moyen des franges de Babinet, l'éclairement analogue étant E′. L'emploi de la lumière verte du mercure et celui de la lumière blanche sont sensiblement équivalents.

1° Pour les valeurs élevées de E et E′, les deux espèces de franges donnent des résultats voisins : par exemple avec $e = 8$ lux et $B = 0,1$ bougie par centimètre carré, c'est-à-dire pour $E = E' = 50$ lux environ, un sujet trouve $\theta = 75''$ et $\theta' = 78''$.

2° Si l'éclairement baisse, θ′ augmente beaucoup plus vite que θ: par exemple, pour $E = E' = 0,01$ lux, on trouve $\theta = 87''$ et $\theta' = 120''$.

3° On observe un écart analogue entre les deux méthodes si c'est le contraste des franges qui diminue au lieu de l'éclairement. Ce contraste se règle par l'orientation des nicols, ou (pour les franges d'Young) en plaçant devant un des petits trous un secteur tournant n'éclairant ce trou que pendant une fraction donnée de chaque tour.

Conclusions. — Pour les éclairements et contrastes élevés, l'acuité visuelle se confond avec le pouvoir séparateur de la rétine, qui est de l'ordre de la minute. Aux éclairements ou contrastes faibles, les imperfections de l'œil provoquent une baisse de l'acuité visuelle plus rapide que celle du pouvoir séparateur de la rétine. La finesse de la vision serait donc limitée par la structure de la rétine lorsqu'on regarde des objets fortement éclairés et bien contrastés, et par l'optique de l'œil dans les autres cas.

BIOLOGIE. — *Sur le passage à la vie latente des larves de Gordiacés.* Note (¹) de M. A. **Dorier**.

J'ai décrit (²) le passage à la vie latente des larves de *Gordius aquaticus* Duj. Dans cette espèce, chaque larve s'enkyste au sein d'une gouttelette de mucus qui, au contact de l'eau, durcit et se contracte progressivement. A l'abri de la paroi kystique ainsi formée, les larves de *G. aquaticus* conservent leur vitalité pendant plusieurs mois soit dans l'eau, soit à l'air humide. Elles peuvent reprendre ensuite une vie active, après rupture du kyste, sous l'action du suc digestif de divers animaux (Insectes, Myriapodes, Crustacés, Poissons, etc.) ou plus simplement sous l'action du liquide physiologique qui fournit un facile et excellent moyen de contrôle.

En étudiant des larves de Gordiacés appartenant au genre *Parachordodes*, j'ai constaté que la plupart des larves de *P. violaceus* (Baird) et de *P. gemmatus* (Villot) entrent aussi en vie latente dans l'eau pendant les heures qui suivent l'éclosion, après avoir rejeté deux longs filaments hyalins, en général spiralés. De nombreuses observations pratiquées sur des larves de *P. gemmatus* m'ont permis de suivre les phases du phénomène qui se déroule ainsi : Une larve active se présente en extension, avec ses couronnes de spicules déployées lorsque, soudain, et sans qu'aucun signe particulier ne le laisse prévoir, elle lance par un petit orifice situé ventralement vers l'extrémité postérieure du corps, un double jet de liquide visqueux qui se coagule instantanément au contact de l'eau et forme deux filaments ondulés, réfringents, de longueur variable, mais dépassant celle du sujet et mesurant un peu moins de 1 μ de largeur (³). Quand la sécrétion est terminée la larve reste immobile pendant quelques secondes; on assiste à la rétraction des spicules, puis, le corps de l'animal se contracte légèrement, s'incurve et le postseptum vient s'appliquer contre le préseptum. Le phénomène, qui n'a duré que 2 à 3 minutes, s'achève par l'immobilisation définitive du sujet.

En traitant des larves de *P. gemmatus* par le bleu de toluidine acétique

---

(¹) Séance du 28 janvier 1935.

(²) *Comptes rendus*, 181, 1925, p, 1098.

(³) Parfois un seul filament est secrété par la larve.

on provoque assez régulièrement l'expulsion des filaments qui prennent aussitôt une coloration bleu-violacée; on constate, en outre, que la sécrétion qui leur a donné naissance provient d'un organe qui occupe la plus grande partie du postseptum et que l'on considérait jusqu'ici comme un sac intestinal. Cet organe renferme, chez les larves actives deux inclusions réfringentes superposées, colorables *in vivo* par le bleu de toluidine ou le rouge neutre. Lorsque la sécrétion du filament s'effectue, on voit ces deux masses diminuer progressivement de volume puis disparaître.

Pendant les premiers jours de vie latente les larves de *P. gemmatus* sont le siège de transformations intimes certaines, quoique morphologiquement inapparentes, mais qui peuvent cependant être révélées par l'expérience suivante : Si l'on soumet des larves en vie latente depuis quelques heures seulement, à l'action de l'eau physiologique, elles subissent passivement une forte rétraction d'origine osmotique, mais ne présentent aucun mouvement propre. Si l'on renouvelle la même opération sur des larves en vie latente depuis 2 jours ou même davantage, en moins de 5 minutes la majorité des larves ont repris la vie active et se déplacent dans la préparation. Une même action produit donc des effets entièrement différents, suivant qu'elle s'exerce au début ou après un certain temps de vie latente.

Il était intéressant de chercher à connaître l'origine du mucus utilisé pour l'enkystement de la larve *G. aquaticus* afin d'établir une comparaison avec le résultat des observations faites sur *P. gemmatus*. En traitant des larves fraîchement écloses de *G. aquaticus* par le bleu de toluidine acétique on remarque d'abord que la partie inférieure du contenu du pseudo sac intestinal, qui sur le vivant paraît plus réfringente, se colore fortement sous l'action du réactif. Puis, sans que les larves cessent de se mouvoir, on voit cette substance s'écouler lentement à l'extérieur et former tantôt une petite masse irrégulière appendue au postseptum, tantôt s'étirer en un long filament de forme et d'épaisseur fort variables. Les larves ayant, sous l'action du réactif, une existence écourtée il ne m'a pas été donné d'observer les phases ultérieures de l'enkystement, mais, j'ai pu établir que cette sécrétion présente vis-à-vis des colorants les réactions de la mucine, réactions identiques par conséquent à celles du mucus qui sert à l'enkystement et dont l'origine n'avait jusqu'ici pu être décelée.

Ceci nous amène à conclure :

1° Que le prétendu sac intestinal des larves de Gordiacés est en réalité un appareil sécréteur qui, dans les cas observés jusqu'ici, se vide de son

contenu au moment où l'animal quitte la vie active pour passer en vie latente.

2° Que les différences de comportement présentées par les larves étudiées pourraient fort bien être en relation étroite avec la nature et les propriétés spéciales du produit de sécrétion, qui dans un cas (*G. aquaticus*), durcit lentement sous l'action de l'eau et permet l'enkystement de la larve alors que dans d'autres cas (*P. gemmatus*, *P. violaceus*) il se coagule instantanément au contact de l'eau et prend la forme de longs filaments, paraissant avoir pour effet de retenir l'animal au substratum.

BIOGÉOGRAPHIE. — *La ligne de démarcation entre faunes Berbère et Saharienne, en Afrique du Nord. Son déterminisme écologique.* Note de M. **Henri Heim de Balsac**, présentée par M. Caullery.

La Biogéographie ne peut se borner à la recherche de la répartition topographique des organismes; elle doit tendre à dégager les facteurs anciens, paléogéographiques, et actuels, écologiques, déterminant cette répartition.

Nous inspirant de ces principes, nous nous sommes efforcé, au cours de nombreux voyages en Afrique du Nord, de rechercher s'il existe une ligne de démarcation nette entre les faunes avienne et mammalienne de deux régions différentes : la Berbérie d'une part, le Sahara d'autre part.

Berbérie et Sahara constituent deux domaines très nettement séparés par des accidents géographiques. Du golfe des Syrtes au rivage Atlantique, se succèdent une série continue de reliefs, que l'on peut désigner par les termes généraux d'Atlas présaharien. C'est au pied méridional de cette ligne montagneuse que commence, géographiquement, le Sahara. Mais ces reliefs ne constituent pas, à beaucoup près, un obstacle à la pénétration réciproque des faunes. Et, effectivement, la répartition des organismes ne coïncide pas avec la limite géographique du Sahara.

En ce qui concerne les Oiseaux, êtres essentiellement mobiles et qui peuvent se répartir exactement en fonction des facteurs écologiques optima, il est possible de dresser une ligne de démarcation d'une étonnante précision, entre les faunes berbère et saharienne.

Les oiseaux particuliers au Sahara nord-africain (exception faite des formes ubiquistes qui s'avancent dans le désert, ou peuplent les oasis) sont représentés par les espèces

suivantes : *Bucanetes githaginea*, *Passer simplex*, *Rhamphocorys Clot-Bey*, *Ammomanes deserti*, *Am. cinctura*, *Alæmon alaudipes*, *Eremophila bilopha*, *Sylvia nana*, *Scotocerca inquieta*, *Turdoïdes fulvus*, *Œnanthe leucopyga*, *Œ. lugens*, *Caprimulgus ægyptius*, *Merops persicus*, *Pterocles senegallus*, *Pt. coronatus*, *Cursorius cursor*, *Chlamydotis undulata*.

La distribution de ces dix-huit espèces, dans la zone de contact saharo-berbère, montre que l'aire de répartition de ces formes s'arrête (sauf en ce qui concerne *Bucanetes* et *Ammomanes deserti*), d'une façon extrêmement brusque et précise, suivant une ligne jalonnée, depuis les Syrtes jusqu'au Maroc, par les points suivants : Mahares, Chott en Nouail, revers du Dj. Orbata. Au voisinage de Gafsa, le tracé se redresse vers le Nord jusqu'au Dj. Sidi Aïch, puis il s'infléchit vers l'Ouest, pour passer au nord d'Aïn Moulares et au pied du Dj. Onk. De là, il longe le pied des Nemencha et de l'Aurès, pour aboutir à El-Outaya, un peu au nord de Biskra (ici se place une lacune dans nos connaissances, l'avifaune de la dépression Hodna n'ayant jamais fait l'objet de recherches). Dans les Monts des Ouled Naïl, la ligne de démarcation suit exactement les crêtes qui départagent en deux versants l'Atlas saharien. Elle apparaît d'une netteté saisissante à Aïn-El-Ibel, où l'on voit s'effectuer, en moins de 10^{km}, le changement brusque de la faune. (La zone du Dj. Amour constitue, elle aussi, une lacune dans nos connaissances). Dans les Monts des Ksours, le tracé de notre ligne abandonne l'Altas saharien pour se porter plus au Nord et cheminer à travers les Hauts-Plateaux orano-marocains. Elle passe par Mecheria et rejoint la vallée de la Moulouya, sous le parallèle de Midelt [1].

La limite de répartition de l'avifaune saharienne, telle que nous venons de la définir, demande à être interprétée : cheminant entre des reliefs assez espacés en Tunisie, longeant le pied des Nemencha et de l'Aurès, départageant les deux versants de l'Atlas saharien dans les Ouled Naïl, elle traverse, dans sa portion occidentale, les steppes des Hauts-Plateaux. Elle ne coïncide donc nullement avec la limite géographique du Sahara. Elle ne correspond pas davantage à une ligne de démarcation entre les associations végétales sahariennes et berbères.

Par contre, si l'on confronte notre tracé avec les différentes cartes climatiques de la région [2], on remarque une coïncidence à peu près parfaite de celui-ci avec les limites de la zone où il tombe une moyenne annuelle de 100 à 200^{mm} de pluie. On peut dire que l'isohyète 200 constitue un seuil que les oiseaux sahariens ne franchissent pas. En deux points seulement, on observe une légère discordance entre notre tracé et l'isohyète 200, mais la

---

(1) L'avifaune du Tafilalet et du Sahara marocain étant pratiquement inconnue, il n'est pas possible d'établir une ligne de démarcation au delà du Maroc oriental.

(2) A. Bernard et R. de Flotte de Roquevaire, *Atlas d'Algérie et de Tunisie*, fasc. III (Climatologie), Gouvernement général de l'Algérie, 1928.

constatation de ce fait, loin d'infirmer le caractère déterminant du facteur écologique, aridité, le confirme au contraire : dans le Sud-Oranais, l'avifaune saharienne déborde sur une zone où tombe une tranche d'eau de 200^{mm}. Précisément, en ce point, l'évaporation est plus forte qu'ailleurs, en raison de l'altitude (1000^{m}). Inversement, dans le Sud-Tunisien, l'avifaune reste légèrement en deçà de l'isohyète 200. C'est qu'ici existent des précipitations occultes, qui équivalent à plusieurs millimètres de pluie. On aurait pu penser que la répartition de la faune saharienne correspondrait à certains des *indices d'aridité* de de Martonne. Mais notre tracé ne coïncide que très approximativement avec l'indice de 90-95 pour 100, surtout en Tunisie. C'est que ces indices sont établis en tenant simplement compte de la pluviosité, de la température, l'évaporation n'étant évaluée qu'en fonction de la seule température. En fait, la répartition de l'avifaune suit, avec une précision très satisfaisante, l'isohyète 200, qui est établie en fonction de la seule pluviosité, et l'on peut en déduire que ce facteur physique joue, presque à lui seul, un rôle déterminant.

Étant donné que les auteurs (naturalistes et géographes) n'ont pas déterminé jusqu'ici un seuil pluviométrique précis, à partir duquel le milieu doive être considéré comme désertique, nous proposons, en ce qui concerne du moins l'Algéro-Tunisie, d'adopter comme limite l'isohyète 200, qui correspond à la fois à un facteur physique et à une limite faunique, aussi précis l'un que l'autre.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Études sur les effets biologiques des ultra-pressions. Modification de la spécificité antigénique des sérums sous l'influence des pressions très élevées.* Note (1) de MM. **James Basset**, **Michel Macheboeuf** et **Jean-Jacques Perez**, présentée par M. G. Bertrand.

Deux d'entre nous (2) ont rapporté les effets très particuliers des ultrapressions sur les bactéries, les virus invisibles, les toxines et les diastases.

---

(1) Séance du 28 janvier 1935.

(2) J. Basset et M. Macheboeuf, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1431; *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 67; J. Basset, M. Macheboeuf, E. Wollman et M. Bardach, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1138; J. Basset, M. Lisbonne et M. Macheboeuf, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1540; M. Macheboeuf, J. Basset et Mme G. Lévy, *Annales de Physiologie et Physicochimie biologique*, 9, 1933, p. 713 à 722.

Nous avons tenté d'obtenir des vaccins en atténuant ou en inactivant des bactéries et des toxines par pression; nos essais ont été infructueux, car les germes et les toxines que nous avons étudiés perdent tout pouvoir immunisant lorsque leur virulence ou leur toxicité a été détruite par l'effet de pressions élevées.

Cette disparition de la spécificité antigénique d'immunisation nous a d'autant plus surpris que nous n'avions pas pu déceler de modification chimique des fonctions polaires acides et basiques des protéides soumis aux ultra-pressions ([1]) et que les seules modifications semblaient être de simples transformations de l'arrangement spatial des chaînons constitutifs des molécules protéidiques.

Nous avons étendu l'étude biologique de ce phénomène en recherchant les modifications de la spécificité anaphylactisante des sérums sous l'influence des ultra-pressions et nous avons constaté à ce sujet une série de faits :

1° Si l'on sensibilise des cobayes par injection intrapéritonéale ou intraveineuse ([2]) de sérum de cheval, on constate que ces animaux sont insensibles à une injection déchaînante de sérum de cheval soumis pendant 30 minutes à une pression supérieure à 4500^{atm}. Les témoins, cependant, meurent en quelques instants si on leur injecte du même sérum non soumis à la pression ou soumis seulement à une pression inférieure à 4000^{atm}.

2° Si l'on sensibilise des cobayes avec du sérum de cheval pressé à plus de 4500^{atm}, ces animaux sont insensibles à une injection intraveineuse déchaînante de sérum de cheval non pressé ou pressé à moins de 4000^{atm}. Ces animaux sont cependant tués en quelques instants si on leur injecte du sérum pressé à plus de 4000^{atm}.

On peut conclure de ces faits que la spécificité anaphylactisante du sérum est complètement détruite par une pression suffisante ($>$ 4000^{atm}) *et que le sérum ainsi traité a acquis une nouvelle spécificité.*

3° Si le sérum est soumis à des pressions inférieures à 4000^{atm}, il garde la spécificité du sérum non pressé (sensibilisation et déclenchement) et il n'acquiert pas la spécificité du sérum pressé.

4° Si le sérum est pressé à plus de 4000 et moins 5000^{atm} (pendant 30 minutes) il sensibilise et déclenche, à la fois vis-à-vis du sérum non

---

([1]) J. Basset, M. Macheboeuf et G. Sandor, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 796.

([2]) Dans la veine saphène préalablement dénudée par incision cutanée.

pressé et du sérum fortement pressé ($>$ 5000^{atm}). Une partie seulement des antigènes a donc subi la modification.

5° Si l'on presse le sérum à 6000 ou même 8000^{atm}, la spécificité reste la même que pour 5000^{atm}, il n'apparaît donc pas une nouvelle modification de spécificité pour ces pressions plus élevées.

Conclusions. — La spécificité anaphylactisante comme la spécificité immunisante peut être modifiée par des pressions suffisantes et comme l'action des pressions ne modifie pas d'une façon décelable les groupements polaires acides et basiques des protéides, il semble probable que la spécificité dépende d'autre chose que de ces groupements polaires; nous pensons qu'elle peut dépendre de l'arrangement spatial des chaînons constitutifs des molécules protéidiques ou des complexes divers qui entrent dans la constitution du sérum.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude photométrique de la multiplication microbienne.* Note (¹) de M. **Michel Faguet**, présentée par M. Charles Richet.

Pour apprécier la multiplication microbienne, nous avons mesuré l'augmentation du pouvoir diffusant d'une culture, lors de son développement (²).

Cette mesure du pouvoir diffusant semble devoir donner des indications assez précises sur la quantité de microbes en suspension dans une culture.

Appareillage et système de mesures. — Ils comportent une source lumineuse A : un objectif de condensateur O, donnant un faisceau de rayons parallèles sur le filtre E; un autre objectif L, formant l'image de la source au centre du tube contenant la culture en T. La cellule photoélectrique de mesure se place, en C, de façon à recevoir le flux diffusé dans les directions voisines de 90°. Elle est reliée à un galvanomètre enregistreur.

La source lumineuse est maintenue constante durant toute la durée de l'enregistrement.

L'objectif condensateur utilise un large faisceau du flux émis par la source (son ouverture est de F/1,5) doublé par un miroir sphérique réflecteur.

Le filtre de bande est constitué par le classique écran de gélatine colorée, monté sur verre. Sa longueur d'onde moyenne est $\lambda = 0^{\mu},680$, sa largeur $\delta\lambda = 0^{\mu},075$.

Le second objectif (simple lentille ouverte à F/2) donne de la source une image pratiquement monochromatique sur l'axe du tube à essais en T. Les rayons lumineux

(¹) Séance du 21 janvier 1935.

(²) Michel Faguet, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1077 et 1763.

arrivent à peu près normalement sur les parois du tube; les pertes et les réflexions sont réduites au minimum.

Les tubes utilisés sont des tubes à culture ordinaires de 23^{mm}.

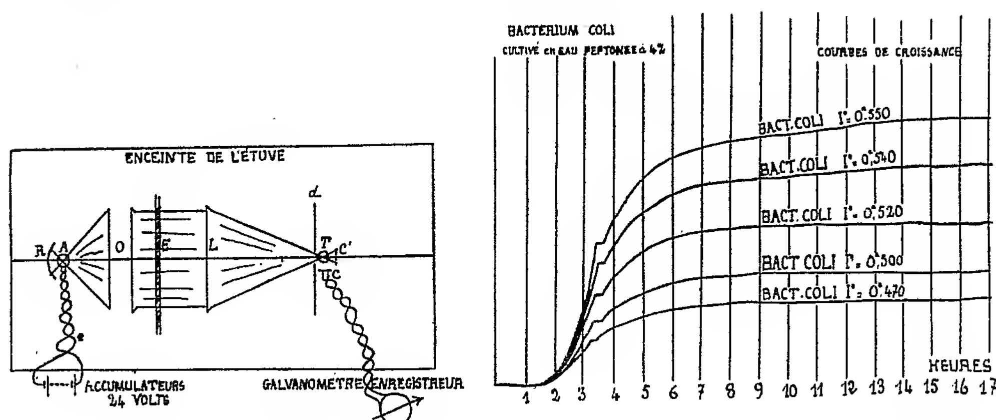
L'ensemble de l'appareil, sauf les accumulateurs et le galvanomètre, est placé dans l'enceinte d'une étuve électrique, dont la marche peut être réglée, à volonté, dans des limites assez étendues. Pour ce réglage il faut que la source A soit en route.

Cette étude, portée généralement à d'assez faibles températures (35 à 40°) d'une masse calorifique importante, est munie d'un thermomètre enregistreur.

La couleur du flux lumineux employé a été fixée dans le rouge, parce que, dans le spectre visible, la source employée et la méthode décrite, cette coloration donne le maximum de diffusion.

Étalonnage de l'instrument. — L'enregistrement du spot lumineux du galvanomètre s'opère sur un papier photographique, se déroulant sous l'action d'un mouvement d'horlogerie.

Pour la mesure des temps, une fente lumineuse s'éclaire toutes les



heures, et sa trace sur le papier est une droite parallèle au sens d'élongation du galvanomètre.

Pour chiffrer la valeur du flux diffusé, on opère de la façon suivante.

Dans le tube T, un milieu trouble stable t donne une élongation l. Plaçons la cellule en C', sur le faisceau direct, et ramenons, par un coin photométrique, le galvanomètre à cette même lecture l :

Si D est la *densité optique* du coin, on a

$$D = \log_{10} \frac{(\text{flux incident sur le tube})}{(\text{flux diffusé sur la cellule})}.$$

Si $D = 2$, la culture diffuse, dans la direction de la cellule, la 100ᵉ partie de l'énergie qu'elle reçoit (sauf réflexion et absorption négligées);

Si D = 3, la 1000e partie de l'énergie qu'elle reçoit.

On obtient ainsi une graduation logarithmique.

Examen des courbes obtenues. — Voyons d'abord les limites de l'enregistrement : Pour les temps, ils dépendent du mouvement d'horlogerie (durée 13 ou 26 heures), et le seuil de sensibilité de l'ensemble cellule-galvanomètre détermine pratiquement, le zéro de l'appareil.

Le maximum des courbes peut être causé par :

1° Arrêt du développement du microbe;

2° Dépôt continu de celui-ci.

3° Parce que la solution est trop opaque.

La méthode décrite présente un intérêt certain, parce qu'à chaque souche microbienne donnée, correspondent un développement et un graphique différent et caractéristique.

Il faut noter que l'utilisation d'intensités lumineuses différentes, dans des limites assez larges, ne fait qu'augmenter l'élongation du spot, et ne change pas les caractéristiques des courbes.

Suivant la quantité et l'espèce de microbes ensemencés, le spot lumineux démarre plus ou moins vite.

Ce retard (qui atteint parfois 2 ou 3 heures) peut donner des indications sur le nombre de microbes contenus dans la culture d'espèce connue, qui sert à cet ensemencement.

A 15h20m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h10m.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 14 janvier 1935.)

Note de M. *Pierre Chevenard*, Micromachine à enregistrement photographique pour l'essai mécanique des métaux :

Page 212, note (2), *au lieu de* Séance du 10 janvier 1935, *lire* Séance du 10 décembre 1934.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 FÉVRIER 1935.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 7 février 1935, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Alexandre Guilliermond** pour occuper dans la Section de Botanique la place vacante par le décès de M. *H. Lecomte.*

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Alexandre Guilliermond** prend place parmi ses Confrères.

CHIRURGIE. — *Résection partielle longitudinale de la veine cave inférieure au cours de l'ablation d'une tumeur pararénale droite. Suture de la veine cave. Guérison.* Note de M. **A. Gosset.**

J'ai l'honneur de projeter, devant l'Académie, des photographies relatives à une éventualité rare qui s'est présentée à moi au cours de l'ablation d'une tumeur pararénale droite.

Cette tumeur adhérait intimement au flanc droit de la veine cave inférieure, au-dessous de la veine rénale, sur une longueur de 3^{cm}. Il fallait, ou laisser adhérer à la veine cave un fragment de cette tumeur, ce qui eût été regrettable, ou réséquer longitudinalement un segment de la paroi de la veine cave, au niveau de son flanc droit. C'est naturellement à cette dernière manière de faire que je me suis arrêté. Ainsi que l'indiquent les projections qui vont être faites, on voit : sur la projection n° 1, la tumeur abordée, après ouverture du péritoine pariétal postérieur; sur la projection

n° 2, l'énucléation de la tumeur se poursuit et l'on constate, sur la droite, la libération du duodénum; sur la projection n° 3, on se rend bien compte des adhérences de la tumeur avec la veine cave. Un clamp courbe est placé sur la veine et va permettre d'enlever, avec la tumeur, un fragment du canal veineux; sur la projection n° 4, l'opération est achevée. La paroi latérale droite de la veine cave inférieure a été suturée au moyen d'un surjet à la soie très fine et l'on constate que le cours du sang se rétablit et que la suture est étanche.

La malade a guéri sans aucune complication dans la circulation de retour.

Je me suis permis de vous communiquer cette observation à cause de sa rareté.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Diagnostic foliaire du Tabac : influence comparée des scories de déphosphoration, du superphosphate et du basiphosphate sur l'équilibre NPK.* Note (1) de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume**.

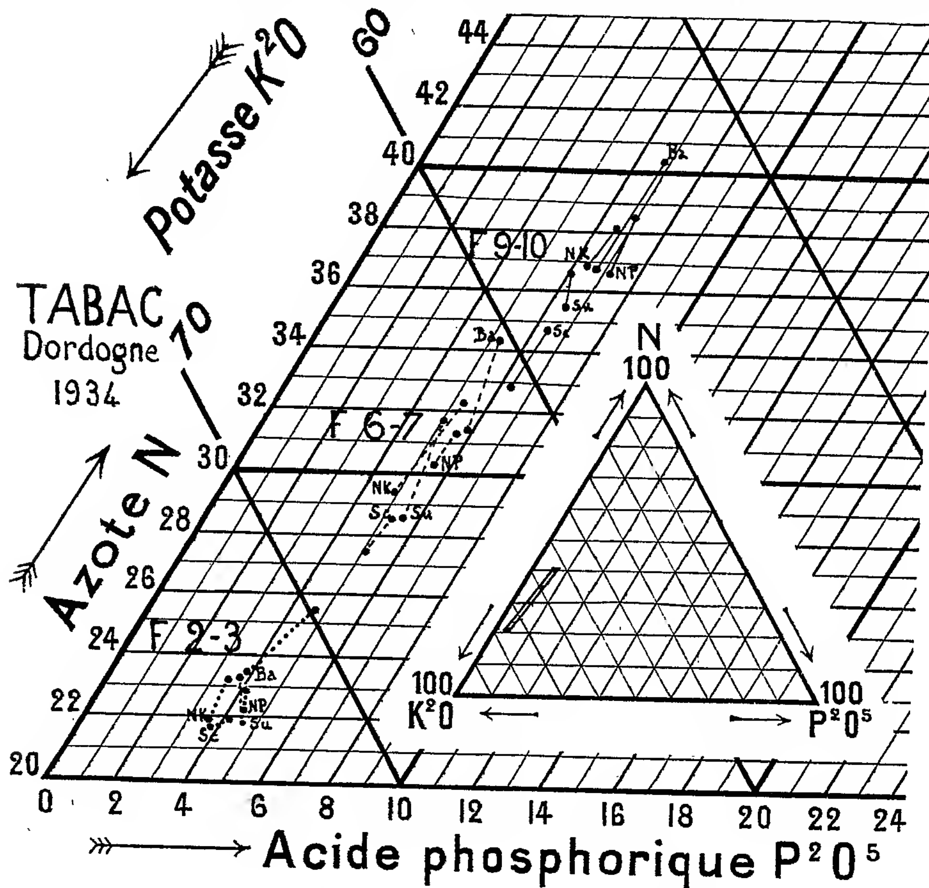
Notre champ d'expérience a été établi en 1934 à Grolejac (Dordogne) chez un planteur sous la direction d'un inspecteur des Tabacs de Périgueux et sous la surveillance constante d'un contrôleur de Sarlat. Ce champ avait pour but de comparer, dans les conditions de la pratique agricole, les effets de trois formes d'engrais phosphaté : scories, superphosphate, basiphosphate.

Sous ces trois formes, la même dose d'acide phosphorique ($82^{kg},5$ à l'hectare) était associée au fumier ($30\,000^{kg}$ à l'hectare), au tourteau d'arachide (600^{kg} à l'hectare) et au sulfate de potasse (300^{kg} à l'hectare). A ces essais, faits en double, on avait annexé des parcelles NK sans phosphate et NP sans sulfate de potasse. Toutes les parcelles, d'un are et demi chacune, ont été plantées avec des sujets issus d'un même producteur, variété Paraguay Bas-Rhin, cultivé en 1933 dans la vallée de la Dordogne. L'un de nous a effectué, les 13 juillet, 3 et 22 août 1934, l'échantillonage simultané des couples de feuilles de rangs 2-3, 6-7, 9-10. L'expression comparée de tous les équilibres physiologiques observés entre N, P^2O^5 et K^2O (unité nutritive NPK) est fournie par le graphique ci-contre, établi en marquant par un point en coordonnées trilinéaires les centres de gravité des diagrammes NPK pour $N + P^2O^5 + K^2O = 100$, comparaison correcte parce que les échantillons correspondent aux mêmes dates de la même année. Chaque fumure (deux parcelles) donne ainsi deux points pour chaque couple de feuilles échantillonné.

(1) Séance du 28 janvier 1935.

Voici les conclusions de cette expérience, en ce qui concerne uniquement les divers équilibres réalisés dans les feuilles entre l'azote, l'acide phosphorique et la potasse :

1° A chaque couple de feuilles correspond un groupement distinct des centres de gravité des diagrammes NPK. Les feuilles de rangs différents



ont donc toujours eu, à chaque moment, des équilibres physiologiques systématiquement différents pendant toute la période de végétation que nous avons explorée; l'unité NPK des feuilles plus basses sur la tige et plus vieilles est constamment moins riche en azote et en acide phosphorique, plus riche en potasse que celle des feuilles plus hautes et plus jeunes. Ce changement chimique, qui porte surtout sur la substitution de la potasse à l'azote dans l'unité nutritive NPK, correspond à la maturation progressive de la feuille. Mais les diagrammes détaillés (non repré-

sentés ici) peuvent montrer des variations d'allure; dans une autre plantation, à Sourzac, des pluies ayant donné, du 2 au 7 août, 55^{mm} d'eau ont provoqué, dans l'unité NPK des feuilles 2-3, entre les échantillons du 6 et du 29 août, une recrudescence de l'azote de 23,72 à 28,98 pour 100, soit 5,26 pour 100.

2° En ce qui concerne l'absorption de l'acide phosphorique, avec l'approximation qu'indique le graphique, l'on constate ce qui suit : *a*, la fumure NK sans phosphate a fait l'unité NPK la moins riche en acide phosphorique; *b*, la fumure NP sans sulfate de potasse (la forme d'engrais phosphaté étant le superphosphate) a fait l'unité NPK la plus riche en acide phosphorique; *c*, les unités NPK déterminées par les trois formes d'engrais phosphaté s'insèrent en moyenne entre ces deux extrêmes d'ailleurs très voisins; *d*, un classement fort net se manifeste entre ces trois formes d'engrais phosphaté au point de vue de l'azote; l'importance de l'azote dans l'unité NPK pour les trois couples de feuilles s'établit dans l'ordre croissant suivant : scories, super, basiphosphate. *Ces trois formes se sont donc distinguées fort peu par l'assimilation de l'acide phosphorique, mais surtout par un effet indirect sur l'alimentation azotée de la feuille*, effet attribuable vraisemblablement au véhicule du phosphate.

3° Si l'on se reporte (¹) au graphique que nous avons donné résumant quatre années d'observations sur le diagnostic foliaire NPK de la Pomme de terre et de la Vigne, on constate que le *domaine des diagrammes du Tabac à Grolejac en 1934 correspond à celui de la Pomme de Terre et aucunement à celui de la Vigne*. Cette constatation fait aussitôt penser que le Tabac et la Pomme de Terre appartiennent à la même famille botanique; en sorte que *la classification, basée exclusivement sur des analogies morphologiques, serait ici confirmée par une analogie dans le mode d'alimentation minérale des feuilles*, bien que les modes d'exploitation agricole des deux espèces soient très différents.

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1558.

PROTISTOLOGIE. — *Les* Amœbophrya *et le* Hyalosaccus; *leur cycle évolutif. L'ordre nouveau des* Cœlomastigina *dans les Flagellés*. Note de M. ÉDOUARD CHATTON et Mlle BERTHE BIECHELER.

Keppène, en 1894 ([1]), appelle *Amœbophrya acanthometræ* un parasite des Radiolaires acanthométrides considéré en 1879 par R. Hertwig comme faisant partie de leur noyau, et *Amœbophrya sticholonche*, un parasite du protoplasme du Radiolaire *Sticholonche zanclea*, tenu par H. Fol (1883) pour un spermatophore (corps spiral). C'est Korotneff qui, en 1891, reconnaît la nature parasitaire de ces formations. Il les rapproche des Orthonectides, tandis que Keppène en fait des Acinétiens. En 1897, Borgert fait connaître une partie de leur cycle évolutif : les individus jeunes sont en forme de gastrula dont l'invagination serait pleine (pour abréger, nous appellerons *pseudectoderme* et *pseudendoderme* les deux pseudo-feuillets et *caryocœle* la cavité). Les noyaux, d'abord localisés à la base du pseudendoderme, se multiplient en files qui finissent par tapisser toute la paroi du caryocœle de lignes spirales le long desquelles le cytoplasme s'élève en crêtes. Le parasite peut sortir de l'hôte en se retournant en doigt de gant : le pseudectoderme aminci à l'apex s'ouvre et par l'orifice le pseudendoderme sort, suivi du pseudectoderme rétroversé. C'est alors un vermicule fermé en avant, ouvert en arrière, entièrement enserré de bourrelets transversaux correspondant aux files de noyaux et garnis de cils. Ces vermicules dégénèrent toujours rapidement. Comme Keppène, Borgert fait des *Amœbophrya* des Acinétiens. Neresheimer, en 1908, les replace dans les Mésozoaires. B. Collin (1912), réfutant l'opinion de Keppène et de Borgert, les y relègue aussi provisoirement. Cependant Chatton écrit en 1919 (p. 382) : « Je n'éprouverai pas de surprise à apprendre que les *Amœbophrya*, après leur sortie de l'hôte, se divisent en autant d'éléments flagellés qu'ils présentent de noyaux. »

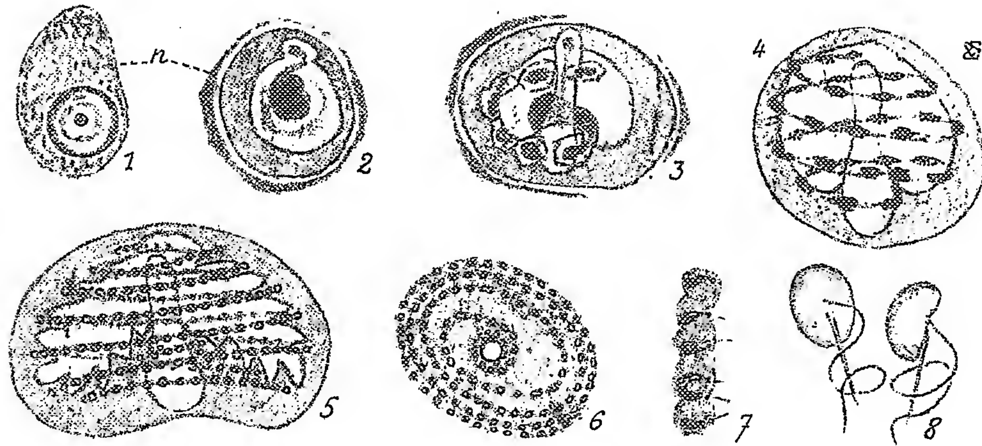
En 1899, Keppène ([2]), décrivant plutôt des aspects que des structures, crée le nom de *Hyalosaccus ceratii* pour des parasites du noyau des *Ceratium* et des *Peridinium* que Bütschli (1887) avait déjà dessinés. Sans songer à les confronter avec les *Amœbophrya*, il les donne comme intermédiaires entre

---

([1]) Pour les références bibliographiques, voir E. CHATTON, *Les Péridiniens parasites* (*Arch. Zool. exp. et gén.*, 59, 1919, p. 1-475, 18 pl.).
([2]) *Mém. Soc. Nat. Kiew*, 16, 1899, p. 89-139.

les Coccidies et les Foraminifères. Cependant, certaines des figures de Bütschli et de Keppène montrent les alignements nucléaires spiraux caractéristiques des *Amœbophrya*. Rappelons que Doflein, cité par Neresheimer, avait rencontré un *Amœbophrya* chez *Noctiluca miliaris* et que M. V. Lebour [1] en signale chez différents Péridiniens (*Peridinium*, *Dinophysis*, *Diplopsalis*, *Gyrodinium*), sans d'ailleurs évoquer le *Hyalosaccus*.

Nos observations nous permettent : 1° d'affirmer la très étroite parenté, sinon l'identité des deux genres; 2° d'en décrire l'évolution complète dans



l'hôte, y compris la formation de spores flagellées; 3° de situer, de par la connaissance de ces dernières, les *Amœbophrya* dans la classe des Flagellés.

A Sète, nous observons le *Hyalosaccus ceratii* chez *Oxyrrhis marina* Duj., *Cryptoperidinium foliaceum* Stein, *Plectodinium nucleovolvatum* Biecheler. Les formes les plus jeunes sont coccidioïdes, de 3µ de diamètre (*fig.* 1). Elles s'installent rapidement dans le noyau (*n*) du Péridinien qu'elles digèrent. De leur caryosome, se détache un extranoyau qui s'enfonce dans le cytoplasme (*fig.* 2) et, de là, pousse au travers de la vésicule nucléaire une tigelle épaisse, creuse, à paroi réfringentes, où il s'enferme et dégénère (*fig.* 3); c'est la columelle. Le caryosome, accru de la chromatine périphérique, s'incurve autour de cette tigelle et bourgeonne. Les bourgeons refoulent la membrane nucléaire et s'engagent dans le cytoplasme au pôle opposé (antapex) à l'extranoyau (marquant l'apex). Ils se multiplient suivant une spire d'abord lâche et irrégulière autour du bout anta-

(1) *The Dinoflagellates of northern Seas*. London, 1925, 243 pages.

pical de la columelle où le protoplasme se rassemble, et, de là, dans le pseudectoderme (*fig.* 3 et 4). Celui-ci s'amincit à l'apex, tandis que la cavité primitivement nucléaire ne cesse de s'amplifier. Les noyaux continuent de se multiplier en une chaîne unique qui s'enroule à partir de l'antapex dans le sens dextre jusqu'à l'apex où elle se termine (*fig.* 5). La capacité trophique de l'hôte conditionnant l'accroissement du parasite. les parois de celui-ci sont, chez les Péridiniens volumineux, le siège de plissements qui obscurcissent, sans la modifier, son organisation. Tout le long de la file nucléaire contiguë au caryocœle, le cytoplasme se soulève en une crête tandis que, de chaque noyau, émergent deux flagelles. L'ensemble de ceux-ci encombre la cavité. Soulignons ce fait inédit, croyons-nous, en cytologie : la poussée de flagelles dans un espace intranucléaire. Par isolement des énergides-cinétides, il se forme de nombreuses flagellispores qui se libèrent du fait de la résorption préalable de la thèque, puis du corps de l'hôte. Elles sont extrêmement mobiles, hémisphériques, de $2^{\mu},5$ de diamètre. Leur face plane donne insertion, vers son milieu, à deux flagelles, l'un long, ondulant largement en arrière du corps, et, l'autre, récurrent aussi, court et rigide, mais quelquefois animé de vibrations très rapides (*fig.* 8). Nous n'avons pas vu ces flagellispores copuler.

Le stade représenté en 5 est exactement un *Amœbophrya*. Les figures qui lui correspondent en vue polaire, surtout *in vivo*, sont identiques à celles du *Hyalosaccus*. Chez les Péridiniens, le parasite n'a pas, comme chez les Radiolaires, l'allure d'un être indivis, mais la valeur d'un sporange, d'un syntomonte.

Si l'on veut lui assigner une place systématique, d'après son organisation à l'état végétatif, il faut en faire le type d'une classe spéciale dans les Protistes. Mais si l'on admet que sa structure complexe est le fait du parasitisme — dont le pouvoir morphogène est manifeste, chez les Péridiniens, par exemple — et si l'on s'en rapporte, pour le situer, à la structure de ses germes, qui n'est pas sans rappeler celle des Dinoflagellés, on en fera un Flagellé. Cependant les caractères des formes végétatives et ceux des flagellispores obligent à créer pour lui un sous-ordre, les *Cœlomastigina*, que l'on peut, soit incorporer aux Zooflagellés, ce qui n'est pas pousser très loin la précision, soit placer au voisinage des Dinoflagellés, ce qui est peut-être accorder trop d'importance, en l'absence des caractères nucléaires de ceux-ci, à la morphologie, d'ailleurs bien spéciale, des spores.

M. **Ch. Fabry** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Yves Rocard : *Études sur la visibilité. Efficacité des projecteurs et des feux, emploi des instruments d'observation* (avec la collaboration de Jean Rivière), dont il a écrit la *Préface*.

M. **N. E. Nörlund** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage posthume de Niels Nielsen, intitulé : *Géomètres français du dix-huitième siècle*, dont il vient d'assurer la publication.

M. **Robert A. Millikan** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé *Electrons (+ and —), Protons, Photons, Neutrons, and Cosmic Rays.*

ÉLECTIONS.

M. **Charles Poisson** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *William Morris Davis* décédé, par 40 suffrages contre 6 à M. *Lauge Koch* et 3 à M. *Odon de Buen*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Maurice-Henri Lemaire** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 25 juin 1934 et enregistré sous le n° 10880.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *La distillation renversée des végétaux.* L'akeneol, *combustible liquide végétal colonial.*

(Renvoi à la Section de Chimie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Bouly de Lesdain. *Graminées indigènes et Adventices des environs de Dunkerque.*

2° *Malta, Origini della civiltà mediterranea*, di LUIGI M. UGOLINI.

3° *Les Écrevisses de France*, par MARC ANDRÉ et ÉDOUARD LAMY. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

4° REMY PERRIER. *La Faune de la France en tableaux synoptiques illustrés : I B. Vers et Némathelminthes; II. Arachnides et Crustacés; III. 1. Myriapodes, 2. Insectes inférieurs; IV. Hémiptères, Anoploures, Mallophages, Lépidoptères; VI. Coléoptères; IX. Bryozoaires, Brachiopodes, Mollusques, Protocordés; X. Vertébrés : Poissons, Batraciens, Reptiles.* (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Les $m^{\text{ièmes}}$ valeurs extrêmes et le logarithme du nombre d'observations.* Note (1) de M. **E. J. GUMBEL**, présentée par M. Hadamard.

M. E. L. Dodd (2) a calculé la plus grande valeur pour les distributions de Gauss, de Poisson, de Pearson et de Makeham. Il sera intéressant de compléter ces résultats par une règle générale qui servira pour connaître l'ordre de grandeur de cette valeur et étendre ce résultat aux $m^{\text{ièmes}}$ valeurs extrêmes. Cette règle pourra servir pour les problèmes pratiques d'observations. Car parmi les observateurs, les opinions sur la plus grande valeur divergent d'une façon considérable.

Pour une distribution $w(x)$ illimitée dans les deux sens ayant l'espérance mathématique $\bar{x}$ et l'écart type σ et pour N observations les dominantes $\tilde{u}_m$ et ${}_m\tilde{u}$ des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs extrêmes d'en haut et d'en bas peuvent être calculées par

$$W(\tilde{u}_m) = 1 - \frac{m}{N} = 1 - W({}_m\tilde{u}), \tag{1}$$

pourvu que (3)

$$\frac{w(\tilde{u}_m)}{1 - W(\tilde{u}_m)} \to -\frac{w'(\tilde{u}_m)}{w(\tilde{u}_m)}, \qquad \frac{w({}_m\tilde{u})}{W({}_m\tilde{u})} \to \frac{w'({}_m\tilde{u})}{w({}_m\tilde{u})}, \tag{2}$$

condition dont on peut tirer le nombre N à partir duquel ce calcul est légitime. Elle détermine une classe de distributions pour laquelle cette méthode est valable.

(1) Séance du 28 janvier 1935.

(2) *Trans. American Mathematical Soc.*, **25**, IV, p. 525-539, New-York, 1923.

(3) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 965.

Posons, pour les valeurs absolues dérivées logarithmiques de la distribution initiale aux $m^{\text{ièmes}}$ valeurs extrêmes dominantes,

$$\frac{N w(\tilde{u}_m)}{m} = \alpha_m, \qquad \frac{N w({}_m\tilde{u})}{m} = {}_m\alpha, \tag{3}$$

valeurs qui ont la dimension réciproque de la variable. Alors l'accroissement des dominantes avec le nombre d'observations sera

$$\frac{d\tilde{u}_m}{dN} = \frac{1}{N\alpha_m}, \qquad \frac{d_m\tilde{u}}{dN} = -\frac{1}{N_m\alpha}. \tag{4}$$

Si les grandeurs α tendent vers une constante pour des nombres croissants N, c'est-à-dire pour des valeurs croissantes de la variable, les $m^{\text{ièmes}}$ valeurs dominantes seront des fonctions linéaires du logarithme du nombre d'observations, que l'on peut écrire

$$\tilde{u}_m = \bar{x} \pm k\sigma \log\frac{N}{m} = {}_m\tilde{u}, \tag{5}$$

où k est cette constante. Le signe supérieur (inférieur) vaut pour l'équation gauche (droite).

Si au contraire les valeurs α augmentent avec N, les $m^{\text{ièmes}}$ valeurs dominantes augmenteront plus lentement que le logarithme du nombre d'observations

$$\tilde{u}_m = x \pm k\sigma f\left(\log\frac{N}{m}\right) = {}_m\tilde{u}. \tag{5'}$$

Le traitement des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs n'est donc légitime que pour des distributions initiales, telles que les deux premiers moments ne divergent pas. Les deux cas se présenteront aussi dans les distributions finales [1] des $m^{\text{ièmes}}$ valeurs

$$\mathfrak{w}_m(x) = \frac{m^m}{(m-1)!}\alpha e^{\mp my - me^{\pm y}} = {}_m\mathfrak{w}(x), \tag{6}$$

ou

$$y = \alpha(x - \tilde{u}). \tag{7}$$

Pour l'équation gauche (droite), il faut ajouter aux valeurs α, $\tilde{u}$ et y, l'indice m à gauche (droite). Si les valeurs α tendent vers une constante, cette distribution ne changera plus de forme avec N, et se déplace seule-

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 33 et 313.

ment vers la droite : on ne peut pas augmenter la précision en augmentant le nombre d'observations. Dans le cas où les α augmentent, les distributions se resserrent pour des nombres croissants d'observations et les précisions augmentent de sorte qu'en réalité il n'existe qu'une $m^{\text{ième}}$ valeur. Enfin M. Fréchet [1] a construit une distribution initiale d'une variable positive pour laquelle la grandeur α diminue. La condition (2) n'est plus vérifiée; la dominante augmente plus vite que le logarithme de N et la distribution de la $m^{\text{ième}}$ valeur d'en haut, distincte de (6), s'étale, possibilité qu'un observateur peu instruit pourrait être tenté d'éliminer *a priori*. D'ailleurs, comme la distribution finale de M. Fréchet, la distribution (6) de la dernière valeur est stable.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les chaînes de variables statistiques.* Note de MM. **Octav Onicescu** et **G. Mihoc**, présentée par M. Émile Borel.

1. La notion de chaîne de variables statistiques (ou aléatoires) acquiert une grande généralité si l'on se rapporte, pour caractériser la liaison entre les éléments de la chaîne, à la forme complète que doit prendre l'idée de dépendance entre deux variables statistiques quelconques, dépendance qui doit entraîner valeurs et probabilités à la fois.

Nous arrivons ainsi à former une chaîne à liaisons complètes

$$u^{(1)},\quad u^{(2)},\quad \ldots,\quad u^{(n)},\quad \ldots,$$

la liaison entre un élément et le suivant ayant la forme suivante :

La probabilité d'avoir $u^{(n)} = a_i\ (i = 1, 2, \ldots, m+1)$ quand on sait que l'on a eu $u^{(n-1)} = a_k$ sera donnée par une fonction

$$p_{ik}^{(n)} = \psi_{ik}^{(n)}(x_1^{(n-1)}, x_2^{(n-1)}, \ldots, x_m^{(n-1)}, x_{m+1}^{(n-1)}) = \varphi_{ik}^{(n)}(x_1^{(n-1)}, x_2^{(n-1)}, \ldots, x_m^{(n-1)}) = \varphi_{ik}^{(n)}(x^{n-1}),$$

où

$$x_1^{(n-1)},\ n_2^{(n-1)},\ \ldots,\ x_m^{(n-1)},\ x_{m+1}^{(n-1)} = 1 - x_1^{(n-1)} - x_2^{(n-1)} - \ldots - x_m^{(n-1)},$$

sont les probabilités qu'avait $u^{(n-1)}$ de prendre les valeurs respectives $a_1, a_2, \ldots, a_{m+1}$ au moment où elle a pris la valeur a_k (quand les valeurs prises par les variables précédentes sont donc connues).

---

(1) *Ann. Soc. polonaise de Mathématiques*, Cracovie, 6, 1927, p. 93.

Les probabilités *a priori* $p_{ik}^{(n)}$ seront alors déterminées si nous donnons les fonctions $\varphi_{ik}^{(n)}$ et les probabilités $x_i^{(1)} = x_j$ du premier élément.

La probabilité $P_i^{(n)}(x)$, que l'on désigne d'habitude sous le nom de probabilités *a priori*, mais que nous préférons appeler *totale* — pour la variable $u^{(n)}$ de prendre la valeur a_i est donnée par l'expression

$$P_i^{(n)}(x) = \sum_{r,s,\ldots,\nu,w}^{1,2,\ldots,m+1} \varphi_{ir}(x^{(n-1)})\,\varphi_{rs}(x^{(n-1)})\ldots\varphi_{\nu w}(x^{(n-1)})\,x_w.$$

Ces probabilités vérifient les équations fonctionnelles

$$P_i^{(n)}(x) = \sum_{1}^{m+1}{}_r\, x_r P_i^{(n-1)}(\varphi_{r1}, \varphi_{r2}, \ldots, \varphi_{rm}).$$

Exemple. — Si les fonctions $\varphi_{ik}^{(n)}$ sont des constantes par rapport aux probabilités x nous avons affaire à une chaîne de Markoff.

Dans le cas d'une variable alternative ($m = 1$) les fonctions caractéristiques sont

$$\varphi_{11}^{(n)}(x) = \varphi^{(n)}(x), \qquad \varphi_{21}^{(n)}(x) = \psi^{(n)}(x).$$

Si nous prenons pour φ et ψ les fonctions linéaires

$$\varphi^{(n)}(x) = \frac{\delta}{1+(n+1)\delta} + \frac{1+n\delta}{1+(n+1)\delta}x, \qquad \psi^{(n)}(x) = \frac{1+n\delta}{1+(n+1)\delta}x,$$

nous obtenons la chaîne de la contagion de G. Polya.

2. Il y a lieu de constituer dans cet ensemble de *chaînes à liaisons complètes* la catégorie des chaînes que nous appellerons *normales*, dans lesquelles l'influence d'un élément $U^{(k)}$ sur l'élément $U^{(n)}$ est d'autant plus faible que $n - k$ est plus grand et s'annule quand $n - k \to \infty$.

Le fait caractéristique des chaînes normales c'est leur allure asymptotique, qui est dominé par le théorème suivant :

$$\lim P_i^{(n)}(x) = P_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, m+1),$$

les P_i *étant n constantes indépendantes des* x.

Les chaînes de M. Polya, ou celles plus générales qui se forment par une généralisation de son schéma ne sont pas normales : elles constituent, en quelque sorte, des limites de chaînes normales.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la transformation conforme et la courbure riemannienne normale intrinsèque d'une* V_m *dans* V_n. Note de M. **Dimitri Perepelkine**, présentée par M. Élie Cartan.

On dit que l'espace riemannien V_n^* est une transformée conforme de V_n si l'on a

$$ds^{*2} = U^2 ds^2.$$

Je vais démontrer l'invariance de certaines propriétés d'une V_m dans V_n (en particulier de la courbure riemannienne normale intrinsèque et de la torsion gaussienne) par rapport aux transformations conformes de l'espace V_n. Je fais usage de la méthode du repère mobile de M. Cartan en conservant ses notations [1].

Si l'on choisit comme directions des vecteurs des repères orthogonaux des directions correspondantes des deux espaces, on aura

$$(1)\qquad \omega_r^* = U\omega_r \qquad (r = 1, 2, \ldots, n).$$

Les équations de structure

$$\omega_r^{*\prime} = \sum_{s=1}^{n} [\omega_s^* \omega_{sr}^*]; \qquad \omega_{rs}^* + \omega_{sr}^* = 0 \qquad (r, s = 1, 2, \ldots, n)$$

permettent de calculer ensuite les formes ω_{rs}^* :

$$(3)\qquad \omega_{rs}^* = \omega_{rs} + U_r\omega_s - U_s\omega_r \qquad (r, s = 1, 2, \ldots, n)\ [2],$$

où l'on a posé

$$d\log U = \sum_{r=1}^{n} U_r\omega_r.$$

Soit donné une V_m dans V_n. En choisissant comme m premiers vecteurs des repères en V_n et V_n^* des vecteurs tangents à V_m et à V_m^*, on aura

$$\omega_\alpha = \omega_\alpha^* = 0 \qquad (\alpha = m+1, \ldots, n).$$

---

[1] Voir E. Cartan, *La géométrie des espaces de Riemann* (*Mémorial des Sciences math.*, fasc. 9, Paris, 1925, Chap. VI).

[2] Les formules (3) sont équivalentes aux formules connues donnant la loi de transformation des symboles de Christoffel.

Les formules (3) donnent alors

$$\omega^*_{ij} = \omega_{ij} + U_i\omega_j - U_j\omega_i \qquad (i, j = 1, \ldots, m),$$

$$(4) \qquad \omega^*_{i\alpha} = \omega_{i\alpha} - U_\alpha\omega_i \qquad (i = 1, \ldots, m;\ \alpha = m+1, \ldots, n),$$

$$(5) \qquad \omega^*_{\alpha\beta} = \omega_{\alpha\beta} \qquad (\alpha, \beta = m+1, \ldots, n).$$

Les formules (5) donnent les théorèmes suivants :

Théorème I. — *Les formes quadratiques extérieures*

$$\Pi_{\alpha\beta} = \omega'_{\alpha\beta} - \sum_\gamma [\omega_{\alpha\gamma}\omega_{\gamma\beta}],$$

qui définissent la courbure riemannienne normale intrinsèque de la variété V_m, *ne sont pas changées par la transformation conforme.*

Théorème II. — *Le transport par parallélisme intrinsèque à* V_m *défini par les équations*

$$dx_\alpha + \sum_\beta x_\beta\omega_{\beta\alpha} = 0$$

est invariant par rapport à la transformation conforme.

Les formules (4) [1] donnent de même les théorèmes suivants :

Théorème III. — *Les formes quadratiques extérieures*

$$K_{\alpha\beta} = \sum_i [\omega_{i\alpha}\omega_{i\beta}],$$

qui définissent la torsion gaussienne de la variété V_m, *ne sont pas changées par la transformation conforme.*

Théorème IV. — *Deux directions conjuguées en un point* M *de la variété* V_m, *définies par les conditions*

$$\sum_i \omega_{i\alpha}(d)\,\omega_i(\delta) = 0 \qquad (\alpha = m+1, \ldots, n),$$

ne sont transformées en deux directions conjuguées de V^*_m *que dans les deux cas suivants : a, si les deux directions sont orthogonales entre elles; b, si le vecteur* grad U *en* M *est tangent à* V_m.

Pour le cas d'une inversion dans R_n la condition (*b*) peut être remplacée

---

[1] Les formules (4) sont équivalentes aux formules de transformation du tenseur $H_{i\mu}^{..\nu}$ données par Schouten et Struik (*Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1597-1600).

par la suivante : b, si l'espace tangent en M à V_m passe par le pôle d'inversion.

Le cas d'un système conjugué orthogonal sur une V_2 dans R_4 a été considéré par M. Kubota [1].

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Déformation d'une congruence rectiligne avec conservation des surfaces réglées principales.* Note de M. **Serge Rossinski.**

1. Nous résolvons le problème : *une congruence rectiligne* (C) *a ses rayons orthogonaux aux plans tangents d'une surface* (S) *et invariablement liés à cette surface : pour quelles surfaces* (S) *les surfaces réglées principales de* (C) *restent-elles invariables,* (S) *se déformant soit avec un réseau conjugué persistant, soit d'une façon continue tout à fait arbitraire ?* Nous appelons E, F, G et D, D′, D″ les coefficients des formes $S\,dx^2$ et $-S\,dc\,dx$ attachées à (S), puis

$$\vec{\rho}_1 = \vec{\rho}(u, v) + \vec{\rho}_u\,\xi(u, v) + \vec{\rho}_v\,\eta(u, v),$$

le vecteur définissant le pied, sur le plan tangent de (S), du rayon de (C), puis E_0, F_0, G_0, e, f, f', g les coefficients des première et seconde formes quadratiques de Kummer pour la congruence (C); nous savons que les surfaces réglées principales de (C) sont définies par l'équation

$$(1)\qquad [(f+f')E_0 - 2eF_0]\,du^2 - 2(gE_0 - eG_0)\,du\,dv + [2gF_0 - (f+f')G_0]\,dv^2 = 0.$$

Rapportons d'abord (S) à sa base principale (u, v), de sorte que D′ soit nul et que $D\,D'' = K(EG - F^2)$, où K est la courbure totale : cela permet de donner à l'équation (1) la forme, obtenue par élimination de D″,

$$\begin{aligned} D^6[G(Fg_2 - Gg_1)\,du^2] &+ D^4KH^2[(2F^2e_2 - EGe_2 - Fg_2)\,du^2 + 2G(Fg_1 - Eg_2)\,du\,dv \\ &= K^2H^6[E(Fe_1 - Ee_2)\,dv^2] \\ &\quad + D^2K^2H^2[(2F^2g_1 - EGg_1 - FEg_2)\,dv^2 + 2E(Fe_2 - Ge_1)\,du\,dv], \end{aligned}$$

où l'on a, pour abréger, posé

$$(2)\qquad e_1 = E\left[1 + \xi_u + \xi\begin{Bmatrix}11\\1\end{Bmatrix} + \eta\begin{Bmatrix}12\\1\end{Bmatrix}\right] + F\left[\eta_u + \xi\begin{Bmatrix}11\\2\end{Bmatrix} + \eta\begin{Bmatrix}12\\2\end{Bmatrix}\right],$$

$$(3)\qquad e_2 = F\left[1 + \xi_u + \xi\begin{Bmatrix}11\\1\end{Bmatrix} + \eta\begin{Bmatrix}12\\1\end{Bmatrix}\right] + G\left[\eta_u + \xi\begin{Bmatrix}11\\2\end{Bmatrix} + \eta\begin{Bmatrix}12\\2\end{Bmatrix}\right].$$

On en déduit g_2 et g_1 par substitution (u, v), (E, G), (ξ, η).

---

(1) Tadahiko Kubota, *Jap. Jour. of Math.*, 11, 1934, p. 15-19.

2. Si le réseau conjugué (u, v) reste conjugué dans une déformation, notre problème exige les relations

$$(4)\qquad \begin{cases} G[(Fg_2 - Gg_1)\,du^2] = 0, \\ KH^2[(2F^2e_2 - EGe_2 - Fg_2)\,du^2 + 2G(Fg_1 - Eg_2)\,du\,dv] = 0, \end{cases}$$

ainsi que celles obtenues à partir de (4) par les échanges déjà indiqués. En rejetant le cas banal des surfaces (S) développables, nous obtenons les seuls cas suivants :

a. les coefficients de du^2, $du\,dv$, dv^2 dans toutes les équations (4) s'annulent tous, (C) *est congruence isotrope*. L'hypothèse $E = 0$, $G = 0$ donne précisément les mêmes équations que dans le problème sur la déformation d'une congruence isotrope à base principale, que j'ai traité dans une Note antérieure ([1]), S *est une surface minima.*

b. trois des équations (4) ou bien sont identiques ou sont conséquences de la restante, qui représente les surfaces principales; nous écartons le cas de surfaces principales confondues qui ne donnerait que des congruences dégénérées; donc *dans tout ce qui suit*, nous aurons

$$(5)\qquad G[Fg_2 - Gg_1] = 0, \qquad E[Fe_1 - Ee_2] = 0.$$

3. Considérons d'abord le cas où l'une des deux équations (4) restantes est une conséquence de l'autre; nous ajoutons aux équations (5) les deux suivantes :

$$(6)\qquad 2F^2e_2 - Eg_2 - Fge_1 = 0, \qquad 2F^2g_1 - EGg_1 + FEg_2 = 0.$$

Le cas d'une surface minima (S) étant rejeté, le système (5)-(6) entraîne $F = e_2 = g_1 = 0$; *la surface* (S) *est une surface moulure arbitraire;* (C) *est une congruence de normales.*

4. Considérons maintenant le cas où trois des équations (4) disparaissent identiquement; on doit ajouter à (5) les équations

$$2Fe_2 - Ege_2 - FGe_1 = 0, \qquad G(Eg_1 - Eg_2) = 0.$$

Parmi les cas qui se présentent, il faut surtout signaler celui où l'on a $F = 0$, $e_2 = 0$, $g_1 = 0$, $g_2 = 0$: c'est un cas particulier de celui du n° 3 : S *est une surface arbitraire de révolution; le rayon de la congruence de normales* (C) *perce le plan tangent de* (S) *au centre de courbure géodésique du parallèle correspondant.*

5. Quant au cas de la déformation *arbitraire* de (S), il ne se présente que pour le cas banal des surfaces développables.

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1562.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Deux théorèmes sur les relations entre expressions différentielles linéaires*. Note de M. **Maurice Janet**, présentée par M. Élie Cartan.

Les recherches que j'ai exposées (1) m'ont conduit à formuler les résultats suivants (2) au sujet des relations entre expressions différentielles linéaires (3).

1. Soient deux expressions différentielles linéaires données A, B à une fonction de n variables indépendantes. Parmi les relations $L(A)+M(B)=0$ qui existent entre elles, il *en est* (4) *pour lesquelles la forme caractéristique de* M *est une puissance de la forme caractéristique de* A.

D'après cela, parmi les équations auxquelles satisfait l'expression $B(u)$ lorsque u est assujettie à l'équation $A(u)=0$, il en est qui ont exactement les mêmes multiplicités caractéristiques (mais en général avec un autre ordre de multiplicité) que l'équation $A(u)=0$.

2. Soient deux couples donnés d'expressions différentielles linéaires (A, A'); (B, B'). Supposons qu'une même relation ait lieu entre les deux expressions de chacun des couples

$$DA+D'A'=0, \qquad DB+D'B'=0.$$

Alors *toute relation qui a lieu entre* A, A' *a lieu également entre* B, B' (une relation telle que $\Delta A+\Delta' A'=0$ entraîne $\Delta B+\Delta' B'=0$).

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1565.

(2) Les démonstrations paraîtront prochainement dans un autre Recueil.

(3) J'appelle *expression différentielle linéaire* en u une expression $A(u)$ de la forme

$$\sum_{\alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_n=0}^{\alpha_1+\alpha_2+\ldots+\alpha_n=p} a_{\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_n}\frac{\partial^{\alpha_1+\alpha_2+\ldots\alpha_n}u}{\partial x_1^{\alpha_1}\,\partial x_2^{\alpha_2}\ldots\partial x_n^{\alpha_n}},$$

où les a sont des fonctions données, non toutes nulles, des variables indépendantes $x_1, x_2, \ldots, x_n$; je dis que *la relation* $L(A)+M(B)=0$ a lieu entre les expressions A, B si L, M sont des expressions différentielles linéaires telles que l'on ait *quel que soit* u $L[A(u)]+M[B(u)]=0$.

(4) Il en est naturellement aussi pour lesquelles la forme caractéristique de L est une puissance de la forme caractéristique de B; mais il n'en est pas en général pour laquelle M et L auraient à la fois pour formes caractéristiques des puissances des formes caractéristiques de A, B.

Soient par exemple deux expressions différentielles linéaires A, A′ telles que $AA' - A'A = 1$. Il en est ainsi par exemple pour

$$A = \frac{\partial}{\partial x} + ab_x, \qquad A' = \frac{\partial}{\partial y} + ab_y \qquad \text{si} \quad \begin{vmatrix} a_x & a_y \\ b_x & b_y \end{vmatrix} \equiv 1.$$

Si l'on a entre deux expressions différentielles linéaires B, B′ la relation

$$(AA' + 1)B - A^2 B' = 0,$$

on aura aussi

$$A'^2 B - (A'A - 1)B' = 0.$$

Ainsi, bien qu'on ne puisse pas réduire à une seule les conditions de compatibilité du système

$$\begin{cases} A\,u = f, \\ A'u = f', \end{cases}$$

ces conditions de compatibilité ont entre elles une parenté assez intime pour que, si l'une d'elles est condition de compatibilité d'un autre système de deux équations linéaires à une inconnue, les autres le soient certainement aussi.

On peut d'ailleurs généraliser le théorème (2) au cas de N systèmes de N expressions chacun.

THÉORIE DES GROUPES. — *Démonstration topologique d'un théorème fondamental de Cartan*. Note de M. **André Weil**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait que la théorie des groupes semi-simples, telle qu'elle a été fondée par E. Cartan, repose sur le théorème suivant, valables pour les groupes semi-simples, mais que j'énoncerai pour les groupes clos :

Soit G *un groupe de Lie connexe et clos; soit* g *un sous-groupe abélien connexe clos maximum dans* G. *Tout sous-groupe abélien connexe* g' *de* G *est conjugué d'un sous-groupe de* g (c'est-à-dire transformé d'un tel sous-groupe par un élément de G).

L'analogie de ce théorème avec le célèbre théorème de Sylow sur les groupes finis est évidente, et sans doute profonde; aux groupes d'ordre p^n de la théorie des groupes finis correspondent, s'il s'agit de groupes de Lie clos, les groupes abéliens (et sans doute les groupes intégrables dans le cas général). Voici une démonstration du théorème de Cartan qui suit de près la démonstration classique du théorème de Sylow:

Montrons d'abord comment on peut construire g sans connaître les transformations infinitésimales de G. Tout groupe connexe, et par exemple G, contient au moins un élément s_0 d'ordre infini; si le groupe est clos, la fermeture, dans le groupe, du groupe cyclique infini engendré par s_0 est un groupe abélien clos g'_0; de plus, dans un groupe de Lie clos, tout sous-groupe fermé est un groupe de Lie clos ([1]), comprenant donc un nombre fini de composantes connexes; la composante de l'unité dans g'_0 est donc un groupe abélien g_0 *connexe*, *clos*, à $r_0 > 0$ dimensions. Soit γ_0 le sous-groupe clos formé par les éléments de G qui laissent g_0 invariant : si le groupe quotient γ_0/g_0 n'est pas fini, soit s_1 un élément de γ_0 auquel corresponde dans γ_0/g_0 un élément d'ordre infini; soient g''_1 la fermeture dans G du groupe cyclique infini engendré par s_1, g'_1 la composante connexe de l'unité dans g''_1 : g'_1 est un groupe abélien connexe, clos, dont les éléments sont échangeables au groupe g_0, et qui induit donc dans g_0 un groupe d'automorphismes; or les automorphismes d'un groupe abélien clos forment un groupe discontinu : les éléments de g'_1 et ceux de g_0 sont donc tous permutables entre eux et engendrent un groupe abélien g_1 connexe, clos, à $r_1 > r_0$ dimensions. En continuant ainsi, on arrivera, si n est le nombre de dimensions de G, à un sous-groupe g à $r \leq n$ dimensions, abélien, connexe, clos, et d'indice fini dans le groupe γ des éléments de G qui laissent g invariant. Le groupe des automorphismes induit par γ dans g joue, comme on sait, un rôle essentiel dans la théorie des représentations linéaires.

Considérons alors l'espace homogène clos H défini par g dans G ([2]) : ses points correspondent aux classes (*Nebengruppen*) sg; G y définit un groupe de transformations transitif, homomorphe à G; en particulier g y définit un groupe de transformations abélien qui laisse fixes les points sg pour lesquels $gsg = sg$, et ceux-là seulement, c'est-à-dire les points (*en nombre fini*) $\sigma_1 g = g$, $\sigma_2 g$, ..., $\sigma_l g$ correspondant aux éléments de γ.

Or, dans g, on peut choisir, d'une infinité de manières, un élément s dont les puissances successives soient partout denses dans g. Tout élément x qui transforme s en un élément $x^{-1}sx$ de g transforme g en lui-même, et appartient donc à γ; s, considérée comme transformation dans H, n'a par conséquent d'autres points fixes que les $\sigma_\nu g$; et dans un voisinage

---

([1]) E. Cartan, *La théorie des groupes finis et continus et l'*Analysis situs (*Mém. Sc. math.*, fasc. 42, 1930, § 27).

([2]) E. Cartan, *loc. cit.*, § 29.

de l'unité, tout élément x appartient à g si $sxs^{-1}x^{-1}$ est dans g, donc il n'y a pas de transformation infinitésimale X autre que celles de g, telle que $sXs^{-1} - X$ soit dans g. Soient $X_1, X_2, \ldots, X_{n-r}, Y_1, Y_2, \ldots, Y_r$ les transformations infinitésimales de G, g étant engendré par les Y_α; soit

$$sX_i s^{-1} = \Sigma\gamma_{ij}X_j + \Sigma\gamma'_{i\alpha}Y_\alpha$$

le déterminant $|\gamma_{ij} - \delta_{ij}|$ (où $\delta_{ij} = 1$ ou o suivant que $i = j$ ou $i \neq j$) n'est pas nul, et son signe donne l'*indice* du point fixe $g = \sigma_1 g$ dans la transformation s de H en lui-même. Le déterminant analogue, obtenu en remplaçant s par $\sigma_\nu^{-1} s \sigma_\nu$, donne de même l'indice, pour s, du point fixe $\sigma_\nu g$: or, ce déterminant est égal au précédent. Les l points fixes de s dans H ont donc même indice ± 1; d'ailleurs, G étant connexe, la transformation s de H peut se déduire de la transformation identique par variation continue; d'après une importante théorie connue [1], il en résulte que la *caractéristique eulérienne* de H (somme des nombres de Betti avec des signes alternés) est égale à $\pm l$. Celle-ci étant d'ailleurs nulle dans tout espace clos à un nombre impair de dimensions, on voit que $n - r$ est pair.

Soit maintenant t un élément quelconque de G : t, considéré comme transformation dans H, peut aussi se déduire de la transformation identique par variation continue, et a donc au moins un point fixe xg, sinon H, d'après les mêmes théorèmes, aurait une caractéristique nulle : t appartient donc à xgx^{-1}. *Les groupes transformés de g remplissent donc* G, et en particulier *tout élément de* G *est engendré par une transformation infinitésimale.* Si maintenant g' est un sous-groupe abélien connexe clos dans G, et qu'on applique ces résultats à un élément t de g' dont les puissances successives soient partout denses dans g' on obtient le théorème de Cartan.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les systèmes de fonctions entières.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soient $f_j(z)$, $(j = 1, 2, \ldots, n)$, n fonctions entières données, $F(z)$ la fonction égale pour chaque z au plus grand des nombres $|f_j(z)|$, $M(r)$ le maximum de $F(z)$ pour $|z| = r$. Pour abréger, appelons chemin B tout chemin continu joignant l'origine au point à l'infini sur lequel $F(z)$

(1) La théorie topologique des points fixes de H. Hopf et Alexander. Voir par exemple H. Hopf, *Math. Zeitschr.*, 29, 1929, p. 493.

reste borné, chemin I tout chemin analogue sur lequel $F(z)$ tend vers l'infini avec $|z|$; langue $L(b)$ l'ensemble de tous les chemins B contigus à l'un d'eux [1]. Deux chemins I peuvent être : 1° contigus; 2° séparés par deux $L(b)$; 3° tels que, sans qu'ils soient séparés par deux $L(b)$, il existe « entre eux », des deux côtés, des points aussi éloignés que l'on veut où $F(z)$ reste borné, on peut alors les joindre par des courbes sur lesquelles $F(z)$ est aussi grand que l'on veut, on dira qu'ils sont *semi-contigus*. Si D désigne un domaine infini compris entre deux chemins B non contigus, ou le plan coupé par un chemin B, on appellera $M(r, D)$ le maximum de $F(z)$ pour $|z| = r$ et z dans D; on posera

$$\rho(D) = \underline{\lim}_{r=\infty} \frac{\log_2 M(r, D)}{\log r}, \qquad \rho = \overline{\lim}_{r=\infty} \frac{\log_2 M(r)}{\log r}.$$

Le théorème de Denjoy-Carleman-Ahlfors [2] s'applique sans modifications puisque, dans un domaine D, l'une au moins des $f_j(z)$ n'est pas bornée. Donc :

I. *S'il existe p langues* $L(b)$, *on a, quel que soit* $q \leqq p$,

$$\sum_1^q \rho(D_k) \geqq \frac{1}{2} q^2,$$

les D_k *étant les p domaines limités par des chemins* B *pris dans les* $L(b)$, *rangés dans un ordre arbitraire.*

II. *Si l'ordre* ρ *est fini, ou bien tous les chemins* I *sont semi-contigus, ou bien il y a le même nombre p de chemins* I *qui ne sont pas semi-contigus et de langues* $L(b)$, *avec* $p \leqq 2\rho$.

D'autre part, on peut appliquer aussi la formule de M. Ahlfors lorsqu'il existe des domaines finis $\Delta(z^h)$ où $F(z) < |z^h|$, compris entre deux chemins I semi-contigus (ou coïncidants), sous la réserve d'une croissance suffisante de $F(z)$ sur ces chemins [3]. *Désignons par r et* R *le minimum et le maximum de* $|z|$ *dans* $\Delta(z^h)$. On voit que :

---

(1) Pour ces notions et les propositions I et II, voir mes *Lectures on the general theory of integral functions*, p. 137-145, et un Mémoire de M. Bieberbach (*Math. Zeitsc.*, **22**, 1925, p. 33-40).

(2) Voir la Thèse de M. Ahlfors, *Acta Societatis scientiarum Fennicæ*, série A, **1**, n° 9, 1930, p. 1-27.

(3) Comparer : Valiron, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 944; Milloux, *Acta math.*, **61**, 1933, p. 133-134.

III. *Si $\rho < 1/2$, on a*

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{(1-2\rho)\log R}{\log r - 2\log_2 M(r)} \leq 1.$$

En particulier, $\log R : \log r$ tend vers 1 si ρ est nul ou si la croissance est régulière au sens de M. Borel. On peut généraliser au cas où ρ est supérieur à $1/2$. Par exemple :

IV. *Si $0 < 2\rho - 1 < p \leqq 2\rho$ et si sur deux chemins* I *semi-contigus* $F(z)$ *est d'ordre ρ et à croissance régulière au sens de M. Borel, on a*

$$\lim_{r=\infty} \frac{\log R}{\log r} = 1.$$

2. $u(z)$ étant une algébroïde entière définie par

$$u^n + f_1(z)u^{n-1} + \ldots + f_n(z) = 0,$$

désignons, pour chaque z, par $U(z)$ la plus grande des n valeurs de $|u(z)|$, et par $F^*(z)$ le plus grand des nombres $|f_j(z)|$. Le rapport de $1 + U(z)$ à $1 + F^*(z)$ reste compris entre deux nombres positifs fixes, ainsi que le rapport des logarithmes de $1 + F(z)$ et $1 + F^*(z)$. Les chemins B, les langues $L(b)$, les chemins I, leur contiguïté, semi-contiguïté sont les mêmes pour $F(z)$ et $U(z)$. Tout ce qui précède s'applique donc à $U(z)$ et redonne en particulier un résultat récent de M. Rauch [1].

On ne peut pas obtenir un théorème vraiment analogue à celui de M. Denjoy pour les algébroïdes entières d'ordre positif, si petit soit-il, et même pour les algébroïdes d'ordre nul dont le quotient de la caractéristique $T(r, u)$ par $(\log r)^2$ n'est pas borné. *Ces algébroïdes se rapprochent des fonctions méromorphes, le nombre des valeurs asymptotiques différentes n'est pas borné.* Car, si l'on prend

$$u = f \pm \sqrt{f^2 + g},$$

où f et g sont deux fonctions entières, l'une des branches se comporte comme $-g/(2f)$ sur les chemins I de f, pourvu que g/f y reste borné. Or, moyennant la condition imposée à $T(r, u)$, il existe des fonctions méromorphes g/f admettant un nombre aussi grand que l'on veut de valeurs asymptotiques différentes, obtenues sur des chemins I de f; il suffit pour le voir de reprendre les fonctions que j'ai considérées dans un article antérieur [2].

---

(1) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 523.

(2) *Rendiconti Circolo mat. di Palermo*, **49**, 1925, p. 415-421.

3. On peut de même considérer, les $f_j(z)$ étant données, d'ordre fini, l'ordre précisé L, $r^{\rho(r)}$ de $M(r)$ ou du maximum analogue de $U(z)$ et étendre de suite les propriétés connues de l'indicatrice de Lindelöf à

$$h(\varphi) = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log|\Phi(re^{i\varphi})|}{r^{\rho(r)}}, \qquad (\Phi = U \text{ ou } F,\ z = re^{i\varphi})$$

et un certain nombre de leurs conséquences.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'allure des algébroïdes entières dans les chemins de détermination infinie.* Note (¹) de M. **Armand Rauch**, présentée par M. Gaston Julia.

Nous allons étendre aux algébroïdes les théorèmes de M. H. Milloux (²) sur les fonctions entières. Soit $s(z)$ sous-harmonique dans un domaine D limité par un nombre limité de courbes de Jordan $C_1, C_2, \ldots$, soit M_i son maximum sur C_i, si $h(z)$ est l'harmonique correspondant à $s(z)$ on a dans D

$$s(z) \leqq h(z).$$

Or d'après le théorème de MM. Nevanlinna et Ostrowski

$$s(z) \leqq h(z) \leqq h_1(z) M_1 + h_2(z) M_2 + \ldots,$$

où $h_i(z)$ est l'harmonique qui est égale à 1 sur C_i et égale à 0 sur le reste du contour. Donc :

I. *Si $s(z)$ est sous-harmonique dans D limité par les arcs de Jordan C_i, si M_i est le maximum de $s(z)$ sur C_i, on a dans* D

$$s(z) \leqq h_1(z) M_1 + h_2(z) M_2 + \ldots,$$

où $h_i(z)$ est l'harmonique = 1 *sur C_i et* = 0 *sur le reste du contour.*

On étend maintenant le théorème de Carleman-Julia (³) aux fonctions sous-harmoniques $s(z)$ ainsi qu'une inégalité fondamentale de M. H. Milloux (²) (p. 109).

(¹) Séance du 4 février 1935.

(²) *Acta math.*, 61, 1933, p. 105-134.

(³) G. Julia, *Ann. Éc. Norm. sup.*, 48, 1931, p. 38.

II. *Si $s(z)$ est sous-harmonique dans D limité par $y = \pm \pi/2$ et deux courbes (l_1) et (l_2) traversant la bande $-\pi/2 < y < \pi/2$, si*

$M_2 =$ *maximum de $s(z)$ sur (l_2),*

$M_1 =$ *maximum de $s(z)$ sur le reste du contour de D $(M_1 < M_2)$,*

$\alpha =$ *minimum des abscisses de $(l_2) >$ maximum des abscisses de (l_1),*

on a dans D

$$s(z) < M_1 + \frac{2}{\pi}(M_2 - M_1)\,\text{Arc tang}\,\frac{2e^{x-\alpha}\cos y}{1 - e^{2(x-\alpha)}} \qquad (z = x + iy).$$

La méthode de M. H. Milloux donne ensuite l'extension de son théorème (p. 112).

III. *Si $s(z)$ est sous-harmonique dans D limité par $|z| = r_1$ et $|z| = r_2$, $r_1 < r_2$, et deux courbes (A) et (B) traversant la couronne $r_1 < |z| < r_2$, si*

$M_2 =$ *maximum de $s(z)$ sur l'arc de $|z| = r_2$,*

$M_1 =$ *maximum de $s(z)$ sur le reste du contour de D $(M_1 < M_2)$,*

$t\theta(t) =$ *somme des arcs de $|z| = t$ intérieurs à D;*

on a au point z de D où $s(z) > M_1$,

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dt}{t\theta(t)} < O(1) + \frac{1}{\pi}\log\frac{M_2 - M_1}{s(z) - M_1}.$$

Soit maintenant l'algébroïde entière $u(z)$ définie par

$$u^\nu + A_1(z)u^{\nu-1} + A_2(z)u^{\nu-2} + \ldots + A_\nu = 0,$$

où les $A_i(z)$ sont entières; M. Valiron [1] a montré que

$$\overset{+}{\log}|u_1(z)| + \overset{+}{\log}|u_2(z)| + \ldots + \overset{+}{\log}|u_\nu(z)|$$

est sous-harmonique [les u_i sont les ν branches de $u(z)$]. Donc :

IV. *Soient le domaine* D *du théorème* III *et $u(z)$ une algébroïde à ν branches holomorphe dans* D, *si*

$m_2 =$ *maximum des $|u_i(z)|$ sur $|z| = r_2$,*

$m_1 =$ *maximum des $|u_i(z)|$ sur le reste du contour de* D $\left(\overset{+}{\log} m_1 < \overset{+}{\log} m_2\right)$,

on a au point z de D *où*

$$\overset{+}{\log}|u_1(z)| + \overset{+}{\log}|u_2(z)| + \ldots + \overset{+}{\log}|u_\nu(z)| > \overset{+}{\log} m_1,$$

$$\int_{r_1}^{r_2} \frac{dt}{t\theta(t)} < O(1) + \frac{1}{\pi}\log\frac{\overset{+}{\log} m_2 - \overset{+}{\log} m_1}{\frac{1}{\nu}\left[\overset{+}{\log}|u_1(z)| + \overset{+}{\log}|u_2(z)| + \ldots + \overset{+}{\log}|u_\nu(z)|\right] - \overset{+}{\log} m_1}.$$

---

[1] *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 729-731.

On étend ensuite les théorèmes (p. 114-120) et les corollaires de M. H. Milloux ainsi que le théorème de M. Bieberbach :

V. *Le nombre des domaines de détermination infinie pour*

$$|u_1(z)| + |u_2(z)| + \ldots + |u_\nu(z)|$$

d'une algébroïde entière d'ordre $\rho \geq 1/2$ *est au plus* 2ρ.

D'après une inégalité que j'ai donnée ailleurs (¹), le nombre des angles de divergence de

$$\int^{\infty} \overset{+}{\log}|u_1(re^{i\theta})| + \overset{+}{\log}|u_2(re^{i\theta})| + \ldots + \overset{+}{\log}|u_\nu(re^{i\theta})| \frac{dr}{r^{\rho+1}}$$

est au plus 2ρ aussi.

On étend de même les théorèmes (p. 124-129) aux algébroïdes entières d'ordre infini.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les configurations hydrodynamiques stables qui comportent des surfaces de discontinuité pour les densités.* Note de M. **Henri Poncin**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une Note précédente (²) nous avons obtenu certains résultats locaux valables dans le voisinage immédiat des surfaces de discontinuité relativement à la densité des fluides en mouvement. Nous nous proposons de montrer comment on peut de chaque résultat local déduire des propriétés du mouvement et des potentiels, qui restent valables dans leurs domaines d'existence tout entiers. A cet effet nous définirons les différents points d'une section du domaine fluide (section par le plan $x_3 = h$) au moyen de leurs coordonnées isotropes z et z'. Nous désignerons par $H(u) = z$ la fonction analytique qui définit pour les valeurs réelles de u, de module inférieur à l'unité, la section L de la surface de discontinuité par le plan x_3 considéré. Pour les valeurs imaginaires de u de module inférieur à 1 les fonctions conjuguées $H(u)$ et $H'(u)$ définissent deux points : M d'affixe z et μ d'affixe ζ, qui sont images l'un de l'autre par rapport à la section L. La correspondance entre ces deux points sera définie par $z_1 = \zeta(z)$ et si l'on pose $G(u) = H(u) + H'(u)$ on pourra écrire

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1011-1013.

(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1753. Les notations de la présente Note sont définies dans la Communication précédente.

$u = G_{(-1)}[z + \zeta(z)]$. Si ces relations font correspondre à chaque valeur de z n valeurs distinctes de ζ, nous considérerons la surface de Riemann Σ constituée par n feuillets plans superposés se raccordant le long des lignes qui joignent deux à deux les points critiques de la section L_0. La section S_0 de S sera supposée tracée ainsi que L_0 sur l'un des feuillets $\mathcal{F}_1$ de cette surface et le champ hydrodynamique correspondra aux différents points de ce feuillet situés à l'intérieur de certains domaines parfaitement définis. Deux points de la surface de Riemann Σ seront dits associés si leurs projections sur le plan simple sont images l'une de l'autre par rapport à L et si les points eux-mêmes viennent en coïncidence lorsque leurs images sont confondues. Ceci posé nous définissons trois fonctions analytiques en z dans l'un des domaines D_1 ou D_2 (*loc. cit.*) au moyen des relations.

$$(1)\qquad 2\Omega_{11}(x_1, x_2) = -\left[\frac{z\zeta}{2} + U_{11}(z)\right] - \left[\frac{z'\zeta'}{2} + U'_{11}(z)\right],$$

$$(2)\qquad 2\Omega_{12}(x_1, x_2) = -[U_{12}(z) + U'_{12}(z)],$$

$$(3)\qquad 2\Omega_{21}(x_1, x_2) = -\left[\frac{z\zeta}{2} + U_{21}(z)\right] - \left[\frac{Z'\zeta'}{2} + U'_{21}(z)\right].$$

Les fonctions $U_{12}(z)$ et $U_{11}(z)$ ne sont définies que pour les points de la forme $\overrightarrow{M}(L) - r\vec{s}_2[M(L)]$, où r est une quantité positive de module suffisamment petit. Au contraire la fonction $U_{21}(z)$ n'est définie que pour les points $\overrightarrow{M}(L) + r\vec{s}_2[M(L)]$ mais certaines propriétés des points associés sur la surface de Riemann Σ vont nous permettre de les prolonger à travers la section L_0. Nous démontrons en effet un groupe de six formules analogues à la suivante :

$$(4)\qquad U'_{11}[\zeta] = -U_{11}[z(\zeta)],$$

qui permettent de réaliser ce prolongement. Si nous supposons maintenant que le point M se déplace sur un arc de la courbe L_0, le point associé μ décrira le même arc de courbe et les résultats précédents montrent l'existence d'une série de relations entre les fonctions H, H' et $U_{i,j}$ parmi lesquelles nous extrairons les relations :

$$(5)\qquad U_{11}[M(L)] = -\frac{1}{2}H(u).H'(u),$$

$$(6)\qquad \nabla\Omega_{11} = \frac{1}{4}\left[H^2(u)\frac{dH'}{dH} + H'^2(u)\frac{dH}{dH'} + 2H(u)H'(u) - \frac{dH}{dH'}\left(\frac{dU_{11}}{dz}\right)^2\right],$$

$$(7)\qquad \nabla\left(\frac{\Omega_{11}}{\Omega_{12}}\right) = dU_{11}\frac{dU_{12}}{dz^2}\left(\frac{dH}{dH'}\right)^2.$$

Ces relations nous permettent de définir un élément de chacune des fonctions U_{11}, U_{12} et U_{21} et de relier ces fonctions aux valeurs que prend le potentiel U sur la surface de discontinuité. Ces résultats étant acquis, nous supposerons que le point M décrive un chemin quelconque l partant d'un point de L pour aboutir à un point intérieur au domaine D_1. Dans ces conditions le point associé décrit un chemin λ tracé sur le même feuillet, tout au moins si le point M reste assez voisin de L. On peut alors utiliser les propriétés des points associés pour suivre, le long des chemins l et λ, les prolongements analytiques des diverses fonctions introduites au cours des calculs précédents et pour déduire de chaque résultat local un résultat valable dans tout le domaine d'existence de ces fonctions. On démontre ainsi en particulier le système de relations différentielles (*loc. cit.*)

$$(8)\qquad \rho_1 U_{11}(z) - \rho_2 U_{21}(z) + i(\rho_2 - \rho_1) h_5\{G_{(-1)}[z + \zeta(z)]\} = 0,$$

$$(9)\qquad \rho_1 U_{12}(z) + i(\rho_2 - \rho_1) h_6\{G_{(-1)}[z + \zeta(z)]\} = 0,$$

$$(10)\qquad \rho_2\left[\frac{dU_{21}}{dz} + \frac{z}{2}\frac{d\zeta}{dz} - \frac{\zeta}{2}\right]^2 - \rho_1\left[\frac{dU_{11}}{dz} + \frac{z}{2}\frac{d\zeta}{dz} - \frac{\zeta}{2}\right]^2$$

$$= 2(\rho_1 - \rho_2)\frac{d\zeta}{dz} h_2\{G_{(-1)}[z + \zeta(z)]\} + (\rho_1 - \rho_2) z\zeta\frac{d\zeta}{dz},$$

$$(11)\qquad \left[\frac{dU_{12}}{dz}\right]^2 = -\frac{d\zeta}{dz}\,\frac{2(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1} h_4\{G_{(-1)}[z + \zeta(z)]\},$$

$$(12)\qquad \frac{dU_{12}}{dz}\left[\frac{\zeta}{2}\frac{dz}{d\zeta} - \frac{z}{2} - \frac{dU_{11}}{dz}\left(\frac{dz}{d\zeta}\right)^2\right] = 2\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} h_3\{G_{(-1)}[z + \zeta(z)]\}.$$

L'étude des fonctions U_{ij} à l'intérieur du domaine D se réduit donc : 1° à l'étude de la correspondance entre les points associés relatifs à une surface de Riemann déterminée; 2° à l'étude du système différentiel (8-12). En particulier la liaison qui existe entre le champ hydrodynamique et la fonction U_{21} montre que cette fonction est une fonction de z uniforme et régulière dans toute la portion du plan x_5 intérieure à L. L'étude de la fonction ζ donne, dans ces conditions, les points singuliers de cette fonction U_{21}, prolongée dans le plan z tout entier par le processus indiqué et ceci nous fournit l'expression explicite de cette fonction. Des résultats analogues en principe, mais d'une application moins aisée, sont valables pour les fonctions U_{11} et U_{12}. On obtient ainsi certaines propriétés des mouvements du milieu continu qui sont valables pour tous les points intérieurs à ce milieu.

ASTROPHYSIQUE. — *Changement remarquable de la vitesse radiale de l'étoile nouvelle d'Hercule.* Note de M. **Daniel Belorizky**, présentée par M. de la Baume Pluvinel.

En étudiant le spectre de l'étoile nouvelle d'Hercule, nous avons constaté un grand changement de la vitesse radiale qui s'est produit en 10 jours : du 17 au 27 janvier 1935.

Nous obtenons depuis le 16 décembre 1934, tous les jours de beau temps, un ou plusieurs spectres de la Nova avec le prisme-objectif de l'Observatoire de Marseille composé d'un gros prisme de 60° et d'un objectif de $0^m,12$ d'ouverture utile et de $0^m,70$ de distance focale. La dispersion entre H_γ et H_ε est de 28 Å par millimètre.

Pour déterminer la vitesse radiale, nous comparons le spectre de l'étoile nouvelle à celui de Véga. Les spectres ont une largeur de $0^{mm},5$ à 1^{mm}.

Pour éliminer l'erreur d'orientation des fils du réticule de la lunette-guide, nous exécutons, chaque fois, deux clichés différents : sur l'un des clichés le spectre de Véga se trouve au nord et sur l'autre au sud du spectre de la Nova. Les mesures sont faites sur les deux clichés séparément et nous n'avons retenu que les clichés où la différence des mesures ne dépasse pas $0^{mm},3$.

Voici les résultats de nos mesures pour le 17 et le 27 janvier respectivement :

	Déplacement en mm.		Déplacement en Å.		Vitesse en km/s.	
Raie.	17 janv.	27 janv.	17 janv.	27 janv.	17 janv.	27 janv.
H_γ	−0,29	−0,38	−9,6	−12,5	−663	−863
H_δ	−0,34	−0,46	−8,8	−11,9	−643	−870
H_ε	−0,36	−0,51	−8,1	−11,5	−612	−869

On voit que les mesures sont concordantes : les trois raies donnent les mêmes vitesses radiales pour chaque date, aux erreurs de mesure près.

En adoptant pour les vitesses radiales du 17 janvier et du 27 janvier, 640 km/sec et 870 km/sec respectivement, en chiffres ronds, *on constate que, pendant* 10 *jours, la vitesse radiale a augmenté de* 230 *km/sec.*

On croit actuellement que la vitesse radiale qu'on détermine en mesurant les déplacements des raies sombres de l'étoile nouvelle est celle d'une couche de gaz relativement froids, qui entourent l'étoile et qui s'éloignent radialement dans toutes les directions. Une des raisons invoquées en

faveur de cette explication est que ces raies sombres sont toujours déplacées vers le violet.

Il nous semble que le grand changement, dans la vitesse de l'étoile, que nous avons constaté, confirme cette hypothèse. En effet, le changement de la vitesse radiale de l'étoile, de 230 km/sec en 10 jours, équivaut au moins à une accélération de 266^{mm} par seconde. Or l'accélération de la Terre dans son orbite est de 3^{mm} par seconde. Ainsi il faudrait des masses énormes au voisinage de l'étoile pour provoquer une accélération pareille, et on les aurait remarquées.

Donc la seule explication admissible semble bien être qu'on mesure effectivement la vitesse radiale de gaz éruptifs, plus ou moins analogues aux protubérances solaires, dont la vitesse peut atteindre également plusieurs centaines de kilomètres par seconde.

Remarquons que la magnitude de l'étoile oscille continuellement, ce qui renforce l'idée d'une éruption de gaz.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Généralisation de l'équation de continuité et du théorème de Liouville à un espace de fonctions d'ondes* (Ψ). Note de Mlle **M.-A. Baudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les analogies que présentent entre elles les diverses mécaniques semblent indiquer la possibilité d'une généralisation de nombreuses propriétés des mécaniques simples aux mécaniques abstraites de J.-L. Destouches [1]. Nous allons chercher ici à étendre l'équation de continuité et le théorème de Liouville à la mécanique ponctuelle de l'espace (ψ).

1. Le mouvement d'un point M tel que $\overrightarrow{OM} = \psi$ est défini par les équations canoniques relatives à cet espace. Elles admettent 2ω intégrales qui déterminent la trajectoire et la vitesse de M. Nous connaissons, en particulier, une intégrale première

$$N(y_r \ldots y_r^* \ldots) = \sum_r y_r y_r^* = 1.$$

Ces 2ω équations peuvent être obtenues à partir d'une solution χ de l'équation de Jacobi : $\chi(\ldots y_r \ldots N, g_2 . g_n \ldots t)$. Dans cet espace χ représente l'onde associée à une infinité de mouvements possibles pour M, et

(1) *Ann. de Phys.*, 2, juillet-août 1934, p. 1; *Actual. scient.*, 140, 1934, p. 1.

appartenant à une même classe (l'équation d'onde étant identique à l'équation de Jacobi). Considérons le point $\mathfrak{M}(\ldots y_r \ldots y_r^* \ldots)$ qui se déplace dans l'extension en phase de M soit $(\Psi_{(2\omega)}) = (\psi) \times (\psi^*)$. Les 2ω intégrales des équations canoniques déterminent la trajectoire de $\mathfrak{M}$.

Les fonctions d'ondes

$$\chi(\ldots y_r \ldots \mathrm{N}, g_2 \ldots g_n \ldots t) \quad \text{et} \quad \chi^*(\ldots y_r^* \ldots \mathrm{N}, g_2 . g_n \ldots t)$$

$g_2 . g_3 \ldots t$) sont respectivement solutions de (1) et de sa conjuguée :

$$(1) \qquad \mathrm{F}\chi = \frac{2\pi i}{h}\frac{\partial \chi}{\partial t}, \qquad \mathrm{F} = \sum_{rs} \mathrm{K}_{rs} y_s y_r^* = \frac{2\pi i}{h}\sum_{rs} \mathrm{K}_{rs} y_s p_r,$$

K_{rs} étant un élément de la matrice hermitique $\mathrm{K}_{rs} = (\varphi_r . \mathrm{L}\varphi_s)$. La forme de F et les deux théorèmes de Dirac-Fock entraînent

$$(2) \qquad \frac{d(\chi\chi^*)}{dt} = \frac{\partial(\chi\chi^*)}{\partial t} + \sum_r y'_r \frac{\partial(\chi\chi^*)}{\partial y_r} + y_r^{*\prime} \frac{\partial(\chi\chi^*)}{\partial y_r^*} = 0.$$

Si nous posons

$$\rho(\ldots y_r \ldots, y_r^* \ldots, \mathrm{N} \ldots g_n \ldots t) = \chi\chi^*, \qquad \rho_0(\mathrm{N} \ldots g_n \ldots) = \chi\chi_0^*,$$

les y_r, y_r^* et g_r étant confondus à l'origine, (2) exprime la conservation au cours du temps d'une densité ρ, et la conséquence du premier théorème de Dirac-Fock

$$\sum_r \frac{\partial y'_r}{\partial y_r} + \frac{\partial y_r^{*\prime}}{\partial y_r^*} = 0$$

est l'*équation de continuité du fluide incompressible de densité* ρ *dans l'espace* $(\Psi_{(2\omega)})$

2. Une inégalité imposée aux y_r et aux y_r^* définit un domaine d'extension en phase à 2ω dimensions dans l'espace $(\Psi_{(2\omega)})$. C'est un volume au sens de Paul Lévy $\mathfrak{V} = \int \ldots dy_r \ldots dy_r^*$. A l'instant $t + dt$ ce volume est devenu $\mathfrak{V}' = \mathfrak{V} + d\mathfrak{V}$. Le déterminant fonctionnel D des $y(t + dt)$ en fonction des $y(t)$ se présente sous forme d'un produit de deux déterminants à nombre infini de lignes et de colonnes. Ses éléments sont de la forme

$$\frac{4\pi^2}{h^2}\sum_i \mathrm{K}_{ri}\mathrm{K}_{is}\, dt^2 \quad \text{et} \quad 1 + \frac{4\pi^2}{h^2}\sum_i \mathrm{K}_{ri}\mathrm{K}_{ir}\, dt^2,$$

pour les éléments de la diagonale principale.

Or, d'après les propriétés d'un espace de Hilbert $\sum_r L\varphi_r$ est un élément de ψ, donc une fonction de carré sommable. Il s'ensuit que $\sum_i K_{ri}K_{ir}$ est au plus de l'ordre de $1/n$ et $\sum_i K_{ri}K_{is}$ au plus de l'ordre de $1/n^2$. D sera de la forme $1+4\pi^2/h^2\, A\, dt^2$, A étant une quantité finie.

Donc, *le mouvement de $\mathfrak{M}$ transforme un domaine à 2ω dimensions de l'espace* ($\Psi_{(2\omega)}$) *en un domaine de même volume : c'est le théorème de Liouville pour la mécanique* (Ψ).

3. A l'instant initial nous définirons une densité en volume d_0 en attribuant une même masse à chaque point $\mathfrak{M}$. Cette densité en phase sera constante dans le temps sur chaque trajectoire de $\mathfrak{M}$ si $d_0(\ldots y_r \ldots y_r^* \ldots)$ est constante sur chacune. d_0 sera donc de la forme

$$d_0(\ldots y_r \ldots y_r^* \ldots) = F(N \ldots g_r \ldots g_n \ldots).$$

Un ensemble de points tels que $\mathfrak{M}$ se comporte donc comme un fluide incompressible et l'on peut choisir la fonction arbitraire F de telle sorte que

$$F(N \ldots g_r \ldots g_n \ldots) = \chi_0(N \ldots g_r \ldots g_n \ldots)\,\chi_0^*(N \ldots g_r \ldots g_n \ldots).$$

On aura à chaque instant : $d = \chi\chi^*$.

Si l'on considère le système représenté par le point M dont on ignore la position initiale exacte (c'est-à-dire la fonction d'ondes initiale ψ_0) les mouvements de M ont une certaine probabilité. L'intensité de l'onde associée au système dans l'espace configuratif donne à chaque instant la probabilité de présence du point représentatif du système.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur une généralisation du principe de symétrie de Curie.* Note de M. **Paul Renaud**, présentée par M. P. Langevin.

Diverses considérations m'ont amené à penser que le principe de symétrie pouvait être généralisé sous la forme suivante :

Si un ensemble de causes est invariant par rapport à une transformation quelconque, l'ensemble de leurs effets est invariant par rapport à la même transformation.

Si la transformation est une transformation de l'espace par symétrie, c'est le principe de Curie : si l'ensemble des causes est symétrique, c'est-

à-dire invariant par rapport à une transformation de symétrie, l'ensemble des effets est également invariant par rapport à cette transformation, il est symétrique.

Mais la symétrie est un cas très particulier de transformation. Si l'on considère toutes les transformations possibles de l'espace, il semble, au premier abord, que l'énoncé soit trop général et qu'il faille le restreindre en imposant des conditions à la transformation. Il n'en est rien, seules les conditions d'existence des transformées des causes sont nécessaires. La transformation peut être n'importe quelle transformation, ponctuelle ou non, continue ou discontinue même en chaque point, avec ou sans changement de dimensions, l'énoncé est toujours valable à condition de considérer, s'il y a lieu, la continuité de l'espace, par exemple, comme une cause du phénomène étudié. Si l'on examine quelques exemples on voit que la notion de cause est un correctif suffisant pour faire de cet énoncé un principe toujours vérifiable.

On peut le présenter sous une forme qui met mieux ce point de vue en évidence :

Si un ensemble de causes semble invariant par rapport à une transformation et que les effets ne le soient pas, on peut toujours trouver une cause, oubliée dans l'étude préalable, que la transformation ne respecte pas.

Sous cette forme, le principe se rapproche d'une évidence; je veux donner un autre énoncé qui met en lumière l'importance des conditions d'existence des transformées.

Soient un ensemble de causes (C) et leurs effets (E). Considérons une transformation qui ne les conserve pas. Les causes (C) sont alors transformées en un ensemble (C'). Les conditions d'existence de toutes les causes transformées suffisent à faire qu'elles aient des effets (E'). On peut toujours imaginer un espace où (C)(C'), (E)(E') existeraient simultanément sans réagir.

L'ensemble (C)(C') est alors un invariant de la transformation; le principe indique qu'il doit en être de même de l'ensemble (E)(E'). S'il n'en était pas ainsi, on trouverait toujours une cause de (E), oubliée dans l'énumération des causes (C) et non transformée en (C').

C'est donc le besoin que (C') soit un ensemble de causes, suffisantes à provoquer un effet (E'), qui introduit les conditions d'existence des transformées des causes.

Voici d'autres énoncés qui transforment ce principe, jusqu'ici statique, en principe d'évolution :

Les effets sont conservés par autant de transformations, au moins, que les causes.

Sous une autre forme, on peut dire :

Si un système isolé évolue de telle sorte que toutes les causes de son évolution soient primitivement contenues en lui, la quantité de transformations par rapport auxquelles il est invariant ne peut que croître.

On en conclut que, si le nombre des transformations qui respectent un système en évolution va croissant, on ne peut pas déduire les causes des effets, c'est-à-dire l'état initial de l'état final. Il est nécessaire de connaître, en plus des effets, une partie des causes, telle que l'ensemble n'admette pas un nombre de transformations supérieur à celui qu'admettait l'état initial.

Voici quelques exemples, très simples, pour illustrer cet énoncé d'évolution :

Considérons un récipient sphérique, empli d'un liquide homogène, et supposons qu'aucune cause extérieure n'agisse sur le liquide. Le principe nous indique que, si le liquide est animé d'un mouvement de rotation autour d'un diamètre, il peut évoluer vers l'arrêt; si, au contraire, il est au repos, il ne pourrait se mettre spontanément en rotation. En effet, si nous considérons une transformation telle que tous les vecteurs de l'espace soient transformés en leur opposé, le liquide en rotation ne sera pas transformé en lui-même à cause de ses vecteurs-vitesse, le liquide au repos sera transformé en lui-même. Le second système, admettant plus de transformations que le premier, ne peut pas évoluer spontanément vers lui.

Si une barre homogène symétrique, isolée du monde extérieur, est à température constante, il ne peut se créer en elle un gradient de température d'une extrémité à l'autre, car l'état final admettrait moins de transformations que l'état initial.

On peut dire également que les particules d'un liquide homogène et isotrope, en enceinte thermiquement isolée, ne peuvent pas se mettre spontanément en mouvement. Il faut, pour provoquer l'apparition d'un mouvement, introduire un vecteur tel qu'un gradient de température, il faut, par exemple, deux sources à températures différentes.

Dans le cas du mouvement brownien, où l'on constate des mouvements spontanés dans un liquide, nous sommes obligés d'admettre, en vertu du principe, que les causes ne sont pas isotropes et homogènes. C'est pourquoi ce phénomène constitue une des meilleures preuves de l'existence des molécules. Leur présence rompt l'homogénéité et l'isotropie du milieu. De plus, leur mouvement crée des fluctuations de température.

Conclusion. — On voit, par ces exemples, que cette généralisation du principe de Curie contient certaines conséquences des principes de Mayer et de Carnot.

L'intérêt de ce principe réside d'une part dans son double aspect statique et évolutif; d'autre part, dans l'étendue de son champ d'application par suite des nombreuses possibilités que donne la notion de transformation.

ÉLECTRICITÉ. — *Énergétiques comparées d'un système de deux courants et du système des feuillets équivalents.* Note de M. **Jean Cayrel**, présentée par M. Paul Janet.

Il est d'usage d'opposer l'énergétique de deux courants I_1, I_2 à celle des feuillets équivalents U_1, U_2.

En effet, tandis qu'un travail *positif* des forces s'exerçant entre les feuillets a sa contre-partie dans une *diminution* $\delta W = -\mathcal{T}$ de l'énergie magnétique (¹) de l'éther, dans le cas des courants $\mathcal{T}$ et δW, qui sont égaux et de *mêmes signes*, ne peuvent s'expliquer l'un par l'autre. On sait que ce sont les générateurs entretenant les courants I_1 et I_2 qui par le jeu des forces électromotrices d'induction fournissent une énergie égale à la somme $\mathcal{T} + \delta W$. Cette antithèse se traduit par la différence de signe des *énergies mutuelles :* $+MI_1I_2$ pour les courants, $-MU_1U_2$ pour les feuillets équivalents.

La présente Note a pour but de montrer que, si l'on considère les *énergies totales* des deux systèmes au lieu de leurs *énergies mutuelles*, l'opposition classique de l'énergétique des courants et des feuillets fait place à une remarquable analogie.

Soient F_1, F_2 deux feuillets circulaires plans coaxiaux, identiques, semblablement orientés et placés dans le vide. Désignons respectivement par R, S, e le rayon, la surface, l'épaisseur de ces feuillets et soit $U = \sigma e$ leur puissance. Supposons en premier lieu F_1 et F_2 infiniment éloignés l'un de l'autre. L'énergie totale W (¹) du système a pour valeur

$$(1)\qquad W_\infty = W_i + W_e = 4\pi\sigma^2 Se\left(1 - \frac{e}{R}\right) + W_e,$$

(¹) $$W = \frac{1}{8\pi}\int \mathcal{H}^2\, dv.$$

W_i désignant l'énergie intérieure (¹) aux feuillets et W_e l'énergie extérieure.

Supposons maintenant qu'on rapproche les feuillets l'un de l'autre jusqu'à accoler la face nord de F_1 à la face sud de F_2. Les forces magnétiques appliquées au feuillet que l'on déplace, F_1 par exemple, accomplissant un travail *positif*, qui, calculé directement d'après la loi de Coulomb, a pour valeur

$$\mathcal{C}_\infty^0 = \sigma e \int_\infty^0 \frac{d\Phi}{dx} dx = \sigma e \Phi_0 = 2\pi\sigma^2 S \frac{e^2}{R}. \tag{2}$$

Calculons enfin l'énergie totale W_0 pour les deux feuillets accolés : l'énergie intérieure est devenue $W'_i = 2\pi\sigma^2 S\, 2e(1 - 2e/R)$ et l'énergie extérieure a doublé (²).

On a donc

$$W_0 = 4\pi\sigma^2 S e\left(1 - \frac{2e}{R}\right) + 2W_e. \tag{3}$$

On a d'ailleurs, d'après le principe de la conservation de l'énergie,

$$\mathcal{C} = W_\infty - W_0 = 4\pi\sigma^2 S \frac{e^2}{R} - W_e, \tag{4}$$

d'où, finalement en tenant compte de (2),

$$W_e = \mathcal{C} = 2\pi\sigma^2 S \frac{e^2}{R}. \tag{5}$$

On voit donc d'une part que, lors du rapprochement des feuillets F_1 et F_2 de la position $x = \infty$ à la position $x = 0$, les forces magnétiques ont accompli un travail *positif* $2\pi\sigma^2 S e^2/R$, cependant que l'énergie d'éther localisée à l'*extérieur* des feuillets *s'est accrue* d'une valeur égale; d'autre part, que la contre-partie du travail $\mathcal{C}$ et de l'accroissement de l'énergie extérieure est une *diminution* $-4\pi\sigma^2 S e^2/R$ de l'énergie *localisée à l'intérieur* des deux feuillets.

(¹) Calculée en prenant pour le champ intérieur l'expression approchée

$$\mathcal{H}_i = 2\pi\sigma\left(2 - \frac{e}{R}\right)$$

et en négligeant les termes en e^2/R^2.

(²) En effet la puissance du feuillet résultant de l'accolement de F_1 et F_2 est $2\sigma e$; la densité de l'énergie à l'extérieur du feuillet a donc quadruplé, mais comme il n'y a plus qu'un seul feuillet au lieu de deux, l'énergie extérieure est seulement deux fois plus grande que lorsque les feuillets étaient infiniment éloignés l'un de l'autre.

Or l'énergie *intérieure* aux feuillets est *étrangère au champ des courants correspondants*, puisqu'il n'y a identité des *champs* des feuillets et des courants qu'en excluant l'espace intérieur aux couches doubles. Autrement dit, pour les courants, W_i et δW_i n'existent pas ou ont une valeur négligeable. *A quoi correspond donc la diminution* $-4\pi\sigma^2 S e^2/R$ *de l'énergie localisée à l'intérieur des feuillets ?*

Cette diminution de l'énergie intérieure W_i *correspond à la dépense d'énergie que fournissent les générateurs entretenant les courants* I_1 *et* I_2 *lors du rapprochement des circuits, grâce aux f. é. m. d'induction.*

Quant à l'énergie W_i elle-même, elle varie en fonction de l'épaisseur du feuillet *à puissance constante;* sa valeur *est donc arbitraire*, tout comme l'énergie totale des piles alimentant les circuits. Pour rendre l'analogie parfaite, il suffit d'éliminer l'effet Joule en considérant des circuits de résistances infiniment faibles alimentés *à intensité constante* par des *piles réversibles.* Les générateurs *dépensent* de l'énergie quand les forces magnétiques effectuent un *travail positif* et en emmagasinent dans le cas contraire.

Ce dernier cas se rapproche de celui des courants particulaires de la théorie du magnétisme d'Ampère-Langevin (¹).

Notons enfin que la puissance, entrant ou sortant des feuillets lors de leur déplacement, relatif peut être considérée comme le flux d'un vecteur de Poynting perpendiculaire à la fois au champ magnétique et au champ électrique d'induction, c'est-à-dire normal à la surface latérale $2\pi Re$ du feuillet.

Il est donc remarquable que l'analogie des feuillets et des courants puisse, dans une certaine mesure, être poursuivie jusque dans le domaine de l'induction.

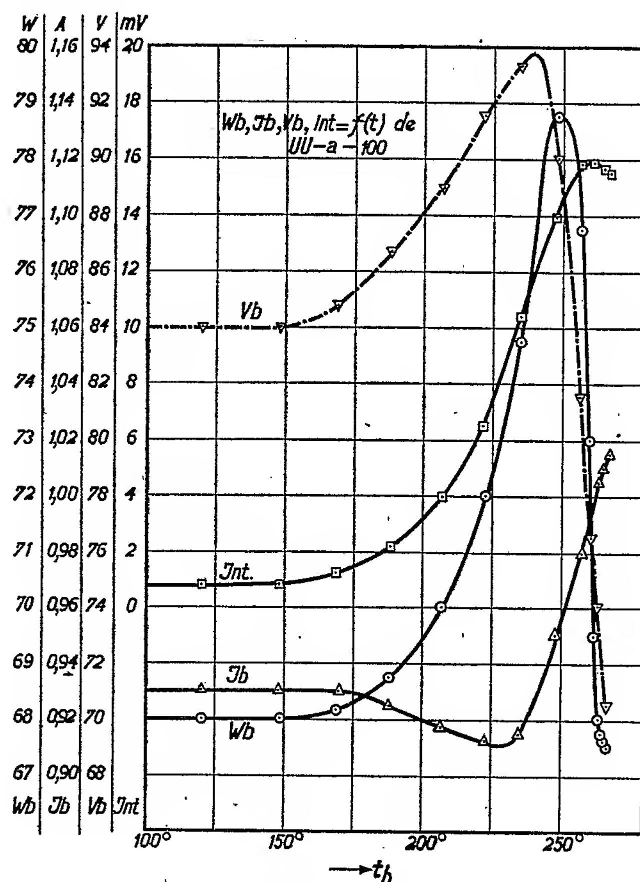
ÉLECTRONIQUE. — *Effet superficiel (Skin effect) dans la colonne positive d'une décharge* Na-Ne. Note (²) de MM. **Willem Uytterhoeven** et **Cornelis Verburg**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Lorsqu'on mesure, pendant le chauffage d'une lampe au sodium, le courant I_b, la tension aux bornes V_b, la puissance dissipée W_b et l'intensité

(¹) Rappelons que, dès 1905, Langevin voyait la contre-partie de la somme ($\mathcal{E} + \delta W_e$) dans une diminution de l'énergie cinétique et potentielle des électrons produisant les courants particulaires des aimants (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 5, 1905, p. 109, § 32).

(²) Séance du 4 février 1935.

lumineuse I en fonction de la température de la lampe (mesurée sur la paroi extérieure du tube luminescent), on trouve des courbes telles que celles représentées dans la figure.



Au point de vue de la décharge, le facteur fondamental dans un pareil tube est le passage du courant, tandis que la production de lumière, évidemment primordiale au point de vue pratique, doit être considérée comme un « sous-produit ». Le courant passe sous forme d'une nuée d'électrons, diffusant de la cathode à l'anode, et pour que ceci soit possible avec la différence de potentiel appliquée, il faut que la charge spatiale négative des électrons soit neutralisée par une charge spatiale positive d'ions. Ceux-ci sont formés par ionisation dans la décharge grâce à l'énergie que les électrons empruntent au champ électrique.

On sait que le gradient de potentiel transversal, dû à la plus grande

mobilité des électrons, entraîne les ions vers la paroi où ils se neutralisent en libérant sous forme de chaleur une énergie : $e(V_i + 4/3\,\overline{V}_e + \overline{V}_e)$ joules (e en coulomb, V en volts), V_i = potentiel d'ionisation, $\overline{V}_e$ = énergie cinétique moyenne des électrons. L'énergie libérée se compose de trois parties : énergie de recombinaison ($= V_i$), énergie moyenne d'un électron arrivant à la paroi $4/3\,\overline{V}_e$, et énergie acquise par l'ion en traversant la couche de charge spatiale positive se trouvant sur la paroi et que nous prenons $= \overline{V}_e$. La masse des ions Ne^+ et Na^+ étant à peu près égale, il faudra, pour fournir une certaine charge spatiale le même nombre d'ions, mais puisque le potentiel d'ionisation du néon est $V_i = 21.5$ V, et celui du Na n'est que de $V_i = 5.1$ V, on pourra s'attendre pour une décharge dans le premier gaz à un gradient de potentiel (V_b), et par conséquent, une puissance W_b plus grande. C'est, en effet, ce que confirme l'examen de la figure. Mais il existe une zone intermédiaire dans laquelle V_b et W_b dépassent les valeurs qu'elles ont pour la lampe froide, et il semble que l'introduction de faibles quantités d'un élément ionisé facilement (Na) puisse augmenter le gradient de la décharge dans un gaz ionisé difficilement (Ne).

On peut expliquer ce phénomène en faisant intervenir la distance parcourue par un ion depuis l'endroit où il a été formé jusqu'à la paroi, qui donne une mesure de sa contribution à la charge spatiale positive. Pour la décharge dans le néon, les ions sont formés dans toute la section du tube, la distance moyenne de l'endroit où ils sont formés jusqu'à la paroi étant environ $5/8\,r$ (r = rayon du tube). Lorsque au cours du chauffage progressif le sodium, se trouvant sur la paroi, se vaporise, il est immédiatement ionisé avant d'avoir pu pénétrer dans la décharge. Il s'ensuit que le chemin parcouru par les ions de Na sera beaucoup plus petit et de ce fait aussi leur contribution à la charge spatiale. Il faudra donc plus d'ions de Na qu'il ne fallait d'ions de Ne, le gradient et la puissance augmentent.

On remarque que les déviations dans les courbes de la figure commencent aux environs de 200°C. Pour la décharge étudiée, la puissance dissipée en ionisation est d'environ 1 watt par centimètre de longueur. Ceci correspond à 5.10^{17} ions de Na ou $2,1.10^{17}$ ions de Ne. A cette température, la vitesse d'évaporation du sodium sur la surface intérieure (pour 1^{cm} de longueur du tube) est de 3.10^{17} atomes par seconde, pratiquement tout le sodium doit être ionisé immédiatement après évaporation. Au delà de cette température l'intensité lumineuse de la lampe croît rapidement, car la quantité de

sodium vaporisée est telle qu'il reste suffisamment d'atomes non ionisés, qui peuvent donc donner lieu à l'émission de la raie jaune du Na.

L'interprétation donnée ici est encore confirmée par l'examen du renversement des raies du Na, qui ne devient observable qu'à partir de 200°C. environ. En deça de cette température le nombre d'atomes neutres est trop petit et la distance parcourue par la lumière avant de sortir du tube est trop faible pour provoquer une absorption sensible.

La décharge passe sous forme d'une gaine le long de la paroi, au lieu de se concentrer dans l'axe, à cause de l'introduction des atomes facilement ionisables. Ceci provoque une augmentation apparente de la résistance de la décharge $R_b = V_b/I_b$, qui pour la lampe froide est d'environ 90 ohms, pour la lampe chaude de 70 ohms, et à 240°C. de 100 ohms. Ce phénomène se produit aussi bien en courant alternatif qu'en courant continu et entraîne quelques conséquences importantes au point de vue fonctionnement des lampes au sodium, sur lesquelles nous espérons revenir dans une Communication suivante.

ÉLECTRICITÉ. — *Dispositif de production d'ions dans un vide élevé.* Note de M. **René Planiol**, présentée par M. A. Cotton.

Il serait intéressant de disposer de courants d'ions positifs dans un vide très élevé, car cela permettrait d'aborder un certain nombre de problèmes dont la solution est difficile avec les sources actuellement utilisées : par exemple, la séparation des isotopes, l'étude des ions d'excitation élevée produits par choc électronique.

Parmi les méthodes utilisées pour parvenir à une forte concentration d'ions positifs, l'émission anodique des sels chauffés a été à peu près abandonnée en raison de sa très grande instabilité et des dégagements gazeux inévitables.

Le procédé le plus employé actuellement paraît être l'extraction par un champ auxiliaire des ions déjà produits en grande abondance dans l'arc à basse pression. Celui-ci est souvent muni d'une cathode chaude spéciale permettant d'abaisser la pression tout en gardant un régime stable.

Les ions sont généralement amenés dans une chambre latérale au moyen d'une électrode tubulaire dont le potentiel n'est pas toujours fixé. La pression dans la chambre de l'arc étant considérable (par exemple de l'ordre de 100 baryes ou davantage) on éprouve de très grandes difficultés à obtenir

un bon vide dans la chambre d'expériences. En outre, les ions ainsi créés le sont dans des conditions assez mal définies après des chocs nombreux contre atomes ou électrons de vitesses inconnues.

Il semble désirable d'employer un moyen permettant d'opérer dans des conditions mieux déterminées. Pour cela, il faut utiliser uniquement comme agents d'ionisation des électrons de vitesse connue et, dès qu'un choc ionisant entre l'électron et l'atome a eu lieu, il faut pouvoir soustraire celui-ci à toute nouvelle collision et examiner l'état dans lequel il se trouve. On peut ainsi, par exemple en variant seulement la vitesse des électrons incidents, espérer éclaircir le processus du choc et observer le degré d'ionisation que peut atteindre l'atome après une seule collision.

La méthode suivante semble répondre à ces conditions :

Dans une enceinte aussi bien vidée que possible, faisons passer un faisceau d'électrons de vitesse V parallèle à la direction Ox. Suivant la direction Oz, faisons passer un jet moléculaire du corps dont on veut obtenir les ions. Le croisement des deux faisceaux donne, autour du point O, des ions résultant d'un seul choc entre un électron de vitesse V, parfaitement connue, et un atome du corps (animé seulement de la vitesse d'agitation thermique faisant un très petit angle avec Oz).

Si nous créons maintenant, suivant la direction Oy, un faible champ électrique, les ions produits se mettent en mouvement suivant les lignes de force de ce champ. Ils sortent ainsi du jet moléculaire et du faisceau d'électrons sans aucune nouvelle collision et se trouvent immédiatement dans le vide extrême régnant dans tout l'appareil. Un ion déterminé ne peut pas subir plus d'un choc avec les électrons du faisceau, car les probabilités de rencontre sont extraordinairement faibles, la densité électronique, même dans des faisceaux très intenses, étant toujours petite.

On a ainsi réalisé une source fournissant des ions dans un vide très élevé, la seule région dans laquelle il existe une densité atomique relativement grande étant celle du jet, qui est nettement délimité.

Cette méthode paraît pouvoir s'appliquer aux corps extrêmement nombreux qui donnent naissance à des jets moléculaires.

La quantité d'ions qu'elle fournit ne semble limitée que par des conditions de construction, car il est possible de réaliser des faisceaux d'électrons d'intensité très notable et la densité de matière dans le jet lui-même peut être également appréciable.

MAGNÉTISME. — *Sur le magnétisme rémanent induit des roches éruptives.* Note de MM. **G. Jouravsky**, **P. Charczenko** et **G. Choubert**.

Les mesures faites par quelques auteurs (¹) sur le magnétisme induit des silicates ont fourni des valeurs insignifiantes ou nulles. Nous avons repris ces expériences sur plusieurs minéraux. Pour éviter que les particules du minéral pulvérisé ne s'orientent dans les champs intenses utilisés (10000 gauss) elles ont été englobées dans de petits cylindres de plâtre à modeler. Le magnétisme rémanent induit, dont la valeur n'a pas changé au bout d'un mois, a été mesuré au moyen d'un magnétomètre astatique (²). L'ilménite (Antilles), la biotite (Tchebarcul) et l'allanite (Arendal) ne prennent pas de magnétisme rémanent. L'épidote (Oisans) et l'augite (Puy de la Rodde) en acquièrent un faible (respectivement 2500.10^{-6} et 10000.10^{-6} U. E. M.). Le magnétisme rémanent de l'augite peut être attribué, au moins en partie, aux inclusions ferrugineuses, visibles au imcroscope.

Ces résultats semblent indiquer que le magnétisme rémanent des roches est dû à la magnétite. Nous avons cherché à le démontrer en soumettant quelques roches à la séparation magnétique et à la lévigation, de façon à obtenir un concentré de magnétite pur et une fraction non attirable à l'aimant ordinaire. Les résultats des mesures de magnétisme rémanent : $J_{\text{rém.}}$ induit dans les cylindres préparés avec les roches brutes, les magnétites et les fractions non attirables sont exposés dans le tableau ci-dessous où sont indiquées également les susceptibilités massiques apparentes χ des mêmes substances mesurées dans un champ de 13 gauss, ainsi que le rapport $J_{\text{rém.}}/\chi$.

Nature et provenance de la roche.	Substance.	$10^6 J_{\text{rém.}}$ (U. E. M.).	$10^6 \chi$ (U. E. M.).	$\frac{J_{\text{rém.}}}{\chi}$.
Monzonite (Monzoni, Tyrol)	Roche brute............	132 900	3 014	44
	Fraction non attirable....	58 300	303	192
	Magnétite..............	1 247 000	49 660	25
Pyroxénolite (Monzoni, Tyrol)	Roche brute............	878 500	4 597	191
	Fraction non attirable....	187 700	388	485
	Magnétite..............	5 872 000	34 560	170

Si l'on admet que le magnétisme rémanent induit est dû à la magnétite

(¹) Levinson-Lessing et Turzev, *C. R. A. S. U. R. S. S.*, 21, 1927, p. 341.
(²) E. Thellier, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 232.

seule, on peut en déduire la proportion de ce minéral dans les roches et les fractions non attirables. On arrive aux résultats suivants (en pour 100):

Monzonite : roche brute, 10,7; fraction non attirable, 4,7; pyroxénolite : roche brute, 15,0; fraction non attirable, 3,2. La teneur en magnétite des fractions non attirables paraissant trop élevée, nous avons recoupé ces résultats par d'autres méthodes.

L'étude microscopique en lumière réfléchie polarisée nous a démontré la présence dans les fractions non attirables de quelques rares grains de magnétite et d'inclusions très petites (d'ordre de 1 micron) d'un minéral opaque et isotrope semblable à la magnétite, mais résistant à l'action de HCl concentré pendant 5 minutes. L'extrême finesse de ces grains ne permet pas de les déterminer et d'évaluer leur quantité, mais on peut dire qu'elle est de l'ordre de quelques dixièmes pour 100. Les calculs effectués à partir de la susceptibilité magnétique apparente ont donné des résultats suivants : Fraction non attirable : monzonite, 0,61 pour 100 de magnétite; pyroxénolite, 1,08 pour 100. L'attaque pendant 1 heure de la fraction non attirable de la monzonite par H^2SO^4 à 20 pour 100 bouillant a fait passer en solution 0,77 pour 100 de Fe^2O^3, ce qui correspond à 1,1 pour 100 de magnétite au maximum. Il est donc évident que dans les fractions non attirables la teneur en magnétite ne correspond pas à leur aimantation induite élevée.

Pour déterminer la quantité de magnétite existant dans les roches nous avons appliqué les méthodes déjà décrites [1] et trois nouvelles. L'une d'elles est basée sur l'étude comparative des densités de la roche de la magnétite qui en était extraite, et de la fraction non attirable, et les deux autres sur le dosage du fer ferreux et du fer total mis en solution par une attaque de la roche brute et de la fraction non attirable par H^2SO^4 bouillant à 20 pour 100 pendant une heure.

Le tableau suivant donne la teneur en magnétite des roches, déterminée par les différentes méthodes :

	Platine de Schand.	Susceptib. magnétique.	Densité.	Fer total.	Fer ferreux.	Teneur moyenne.
Monzonite......	6,6	6,1	6,1	5,5	5,8	6,0
Pyroxénolite....	-	13,3	12,2	-	-	12,7

Ces résultats démontrent avec évidence l'impossibilité d'admettre pour les roches comme pour les fractions non attirables des teneurs en magnétite

(1) G. Jouravsky, P. Charczenko et G. Choubert, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 522.

en relation avec leur aimantation induite. On doit donc attribuer des propriétés magnétiques particulières et une part importante dans l'aimantation induite totale de la roche au minéral opaque en inclusions fines, ressemblant à la magnétite. Dans cette hypothèse en calculant la teneur de la roche en magnétite on arrive aux résultats suivants :

Soient x la teneur en magnétite, J_r, J_m et J_s les magnétismes rémanents respectifs de la roche, de la magnétite et de la fraction non attirable; on aura

$$100 J_r = x J_m + (100 - x) J_s;$$

soit pour la monzonite 6,3 pour 100 de magnétite et pour la pyroxénolite 12,2 pour 100.

Il résulte de notre étude que le magnétisme rémanent induit est une fonction additive des constituants minéralogiques de la roche et que l'influence sur ce phénomène de la fraction non attirable est considérable par rapport à sa susceptibilité. Il n'est donc pas justifié de considérer le rapport $J_{\text{rém.}}/\chi$ trouvé pour la roche comme caractéristique de son constituant magnétique supposé unique.

OPTIQUE. — *Sur une source de lumière d'intensité exceptionnelle et de très faible durée.* Note de MM. **Albert Michel-Lévy** et **Henri Muraour**, présentée par M. G. Urbain.

Nos expériences antérieures ont démontré un fait nouveau et inattendu :

La luminosité qui accompagne la détonation d'un explosif à haute brisance est fortement influencée par la nature du gaz qui entoure cet explosif ([1]). D'après les essais actuellement exécutés, l'intensité de la luminosité paraît dépendre non seulement de la chaleur spécifique moléculaire du gaz utilisé, mais aussi de sa *densité* ([2]). C'est ainsi que par ordre de luminosité croissante les gaz diatomiques se classent dans l'ordre suivant : hydrogène, azote, oxygène, chlore et les gaz monoatomiques dans l'ordre : hélium, néon, argon, krypton.

La luminosité est très faible dans l'hydrogène et dans l'hélium.

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2091; *Chimie et Industrie*, **32**, 1934, p. 783.

([2]) Nous rechercherons si la conductibilité calorifique du gaz joue également un rôle.

Sans apporter encore des conclusions définitives sur l'origine des variations de luminosité observées, nous signalerons aujourd'hui l'intensité et la brièveté remarquable du phénomène lumineux obtenu en faisant détoner dans l'argon une quantité très faible ($0^{cm^3},4$) d'un explosif liquide, mélange à combustion complète de tétranitrométhane et de toluène, placé dans la rainure circulaire d'un bloc métallique ([1]).

Étude de la durée de l'éclair lumineux. — Elle a été exécutée en photographiant un disque de 15^{cm} de diamètre tournant à 10600 tours et éclairé par la lumière d'une explosion. Sur les photographies, le *disque paraît immobile;* c'est à peine si l'on peut distinguer à la circonférence un léger flou des lignes fines tracées sur le disque et servant de repères. De cette expérience on peut déduire que la durée du phénomène lumineux, au moins en ce qui concerne l'émission des rayons qui impressionnent la plaque photographique (plaques Fulgur 2100 HD, non orthochromatiques) est *inférieure à 5 millionièmes de seconde.*

Étude de l'intensité lumineuse. — Il n'existe pas actuellement de méthode permettant de mesurer avec précision l'intensité lumineuse de phénomènes très courts. Pour déterminer tout au moins l'ordre de grandeur de la luminosité observée, nous avons photographié à nouveau le disque utilisé dans l'expérience précédente, mais en substituant à l'explosif une lampe de 1000 bougies (munie d'un réflecteur) tarée à l'Institut d'Optique. Le disque était naturellement immobile dans cette expérience. Pour obtenir le même noircissement de la plaque photographique (Fulgur 2100 HD) que dans l'expérience précédente, il a été nécessaire de poser pendant $1/35^e$ de seconde. On sait que, dans la loi de Schwarschild,

$$N = I \times t^p$$

(N = noircissement de la plaque photographique; I, intensité lumineuse; t, temps de pose), la valeur de l'exposant p varie ordinairement entre 1 et 0,8. Avec la valeur 1 et en prenant pour les temps de pose 5 millionièmes de seconde (explosion) et $1/35^e$ de seconde (lampe de 1000 bougies) on obtient pour valeur de l'intensité lumineuse 14 millions de bougies. Avec l'exposant 0,8 l'intensité lumineuse serait encore de 2500000 bougies. La

---

([1]) D'autres explosifs, non plus à l'état liquide, mais en fins cristaux plus ou moins agglomérés, tels que le fulminate de mercure, l'azoture de plomb, le perchlorate du diazo de métanitraniline donnent dans l'argon des luminosités plus faibles que le mélange tétranitrométhane toluène dont la force et la vitesse de détonation sont exceptionnelles.

brillance du phénomène lumineux serait, dans ces conditions, nettement supérieure à la brillance solaire. Mais on doit remarquer :

a. que la valeur de l'exposant p n'a jamais été déterminée pour des différences de temps de pose aussi grandes que celles rencontrées dans nos expériences (5/1000000 et 1/35e de seconde);

b. que la composition spectrale de la lumière émise par la lampe de 1000 bougies est fort différente de celle émise au moment de l'explosion, cette dernière étant beaucoup plus riche en rayons de courtes longueurs d'onde qui impressionnent fortement la plaque photographique.

Tout ce qu'il est donc permis d'affirmer à l'heure actuelle, c'est que l'intensité lumineuse obtenue est tout à fait exceptionnelle.

Cette nouvelle source de lumière, très puissante, très brève, donnant naissance à un spectre continu intense qui s'étend dans l'ultraviolet jusqu'à l'absorption par la gélatine de la plaque [1] pourra peut-être recevoir des applications dans certaines recherches scientifiques.

SPECTROSCOPIE. — *Sur une propriété spectrale des électrolytes en solution.* Note [2] de M. **Fred Vlès**, présentée par M. Deslandres.

I. On sait que les équilibres réversibles des électrolytes en solution dépendent de diverses variables d'activité pY (pH des solutions acido-alcalines; rH des solutions oxydo-réductrices; massivité des sels neutres) telles que pour chacune d'elles une loi de masses peut toujours être définie sous une forme générale où pK est une constante caractéristique :

$$\frac{AY^a}{B} = 10^{-pK}. \qquad (I)$$

Pour chaque valeur de l'une de ces variables, la solution présente à l'équilibre vis-à-vis d'une électrode de référence identique (Pt) une différence de potentiel du type

$$E = -\frac{RT}{aF}\,pY + E_0 \quad [3]$$

[1] Une seule raie est visible dans ce spectre, la raie ultime du carbone à 2478 Å. Sur plusieurs de nos clichés cette raie est d'ailleurs à peu près invisible, le fond continu restant toujours de la même intensité.

[2] Séance du 4 février 1935.

[3] Le module des Log_e, $m = 2,30$ est inclus dans la constante R.

dans laquelle E_0 est le potentiel d'un état standard (potentiel normal), ce qui conduit (pour $A = B$, demi-saturation de la valence) à

$$\text{(II)} \qquad E_0 - E_K = \frac{RT}{aF}\,pK.$$

La loi des masses peut donc s'exprimer en fonction du travail électrique nécessaire pour passer de l'état (o) à l'état (K) :

$$\text{(III)} \qquad \frac{AY^a}{B} = 10^{-\frac{a}{RT}F(E_0-E_K)} = 10^{-\frac{aW}{RT}}.$$

II. D'autre part, dans une représentation de la combinaison interionique par des niveaux énergétiques moléculaires, la mise en jeu de la demi-valence nécessite le déplacement de l'électron de celle-ci, de charge e, depuis un niveau W'_0 jusqu'à un niveau W'_K et correspond à une énergie absorbée ou émise :

$$W' = W'_0 - W'_K = e(E_0 - E_K) \quad (^1).$$

Quel que soit le mécanisme envisagé dans la molécule, si nous tenons compte de ce que l'énergie W de la loi des masses est comptée en valence-gramme, mais celle W' du schéma atomique en valence d'un atome réel, nous pouvons tenter de raccorder les deux opérations en posant $W = NW'$ (N, constante d'Avogadro).

III. Dans ces conditions, si l'on quantifie l'énergie W', on tire de la loi des masses une fréquence

$$\text{(IV)} \qquad \nu = \frac{RT}{hN}\left(pY - \frac{1}{a}\log\frac{A}{B}\right) = \frac{RT}{hN}\,pK;$$

ou, en passant aux longueurs d'onde, $\lambda = (hNc/RT).(1/pK)$ (c, vitesse de la lumière), et en remplaçant les constantes h, N, R, c par leurs valeurs usuelles (pour la température de 20°) :

$$\text{(V)} \qquad \lambda^{\mu} = \frac{21,2}{pK}.$$

On aurait donc une relation simple unissant les pK (c'est-à-dire les constantes de dissociation, d'oxydo-réduction, etc.) *des électrolytes en solution, avec des bandes spectrales d'absorption;* en donnant aux pK les valeurs extrêmes usuelles qu'ils peuvent présenter dans les diverses échelles,

---

(1) Cette énergie W' pouvant à son tour, dans chacun des ions, se résoudre dans les termes usuels $W''_r + W''_v + W''_e$ rotationnels, vibratoires et électroniques.

on obtient des longueurs d'onde dont les limites sont du proche Infrarouge, ou de la portion la moins réfrangible du visible.

IV. L'admissibilité de l'expression (IV) entraînerait une interprétation particulière de diverses données spectrales des solutions. Plusieurs propriétés des solutions électrolytiques sont en effet représentables à partir de relations d'additivité des pK; les fréquences des bandes sont elles-mêmes additives, ainsi que le mettent en évidence les principes de combinaison et le calcul énergétique; il s'ensuit, par exemple, que le point d'équivalence e_q de la neutralisation d'un acide par une base, et le pH d'hydrolyse, qui sont donnés par la moyenne des pK relatifs à l'anion et au cation, devraient correspondre à des multiples ou sous-multiples d'une bande signalétique $\lambda^{\mu}_{e} = (21,2)/e_q$; le point isoélectrique pHi des ampholytes à ceux d'une bande $\lambda^{\mu}_{i} = (21,2)/\text{pH}_i$, etc.

V. Une vérification de l'extension de ces expressions simples est actuellement difficile, du fait que les données actuelles sur le spectre infrarouge de solutions d'électrolytes, en rapport avec l'état d'ionisation de ceux-ci, sont encore trop fragmentaires, et que l'on doit le plus souvent juxtaposer des mesures électrochimiques et spectrales obtenues dans des conditions dissemblables; néanmoins quelques chiffres calculés en première approximation semblent autoriser à ne pas les rejeter *a priori* :

Électrolyte.	pK.	λ calc. (μ)	λ expérim. (μ)	
I. NH^4OH (solution aqueuse).....	pH 9,5	2,33	2,20	15 N, Grantham
Acétate de Na (sol. N, pH 9,6).	pH 4,7	4,5	4,6	(¹)
Acétate de Na (sol. N, pH 8)....	rH 26,0	0,82	0,83	(¹)
SO^4Cu, $5H^2O$ (sol. N, pH 4)...	rH 25,0	0,85	0,81	(N/10), Mecke
	23,6	0,90	asymétrique	et Ley
Borate de Na..................	pH 9,18	2,31	2,4	(solide), Dreisch
II. H^2O (1ᵉʳ équival. : $H^+ + OH^-$).	pH 7,2	2,94	3,0	Aschkinass,
H^2O (2ᵉ équival. : $2H^+ + O^=$).	rH 27,7	0,76	0,75	Coblentz, etc.
NH^4Cl (hydrolyse)..........	pH 4,7	4,5	4,3	(solide), Reinkober

Il semblerait donc que certains éléments du spectre infrarouge soient susceptibles de nous donner une représentation partiellement superposable à celle que présentent les courbes d'effet-tampon, lesquelles nous fournissent, comme l'on sait, à partir de propriétés purement électrolytiques, les pK, les points d'équivalence, les points isoélectriques, etc.

(¹) Mesuré avec l'aide de M. Heintz.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Impression des plaques photographiques par les ultrasons.* Note (¹) de MM. **Néda Marinesco** et **Mario Reggiani**, présentée par M. Jean Perrin.

En étudiant l'action des ultrasons sur la vitesse de développement des plaques photographiques préalablement impressionnées, MM. Marinesco et Trillat ont constaté incidemment (²) la présence, sur les clichés utilisés, des traces d'images latentes nouvelles, dues probablement à l'action des ondes élastiques de haute fréquence. Étant donné les erreurs expérimentales du dispositif employé, prévu d'ailleurs pour d'autres recherches, ils n'ont pas pu trancher définitivement la question.

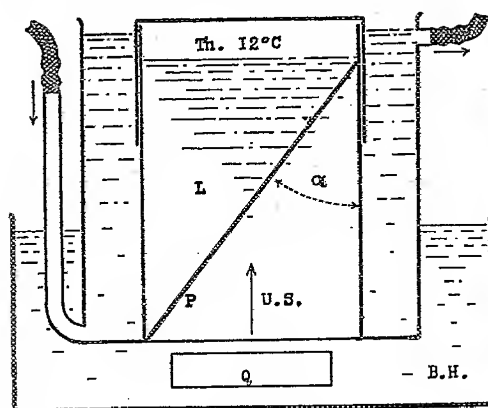


Fig. 1. — Cuve étanche à la lumière contenant la plaque photographique.

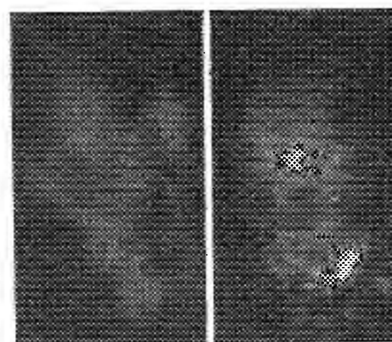


Fig. 2. — Images dues à l'action des ultrasons.
A, exposition de 15 minutes dans du révélateur dilué 6 fois; B, exposition d'une heure dans du révélateur dilué 3 fois à 3 pour 1000 de KBr.

Nous avons repris l'étude de l'action directe des ultrasons sur les plaques au gélatino-bromure d'argent exemptes de toute image latente. Les résultats obtenus nous permettent d'affirmer que l'effet existe; il apparaît sous la forme d'un beau système d'ondes stationnaires, souvent légèrement déformé par le régime plus ou moins tourbillonnaire des ultrasons.

Le quartz Q fonctionne dans un bain d'huile B. H., suivant la figure 1

(¹) Séance du 4 février 1935.
(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 858.

et la plaque photographique P (Lumière, S. E., bande verte) est placée dans une cuve métallique Th étanche à la lumière et remplie d'un liquide L (eau, solution aqueuse, ou révélateur). Un manteau thermostatique à circulation d'eau permet de maintenir la plaque et le liquide qui l'entoure à 12° C. La position du quartz oscillant est telle que le faisceau d'ultrason fait un angle α avec la couche sensible de la plaque.

Avec un quartz de 4^{mm} d'épaisseur suivant l'axe électrique, fonctionnant sur la fondamentale de cet axe (717000 cycles/seconde), sous une tension efficace de 8000 volts, on obtient des images du type donné par la figure 2. Les deux clichés représentent les positifs de deux plaques impressionnées de cette manière, le liquide transmettant l'ultrason à l'intérieur de la cuve étant du révélateur dilué. Le temps d'exposition peut varier dans ces conditions de huit minutes à une heure, les images obtenues étant plus ou moins foncées mais toutes barrées de franges. L'examen de ces clichés permet de tirer quelques conclusions immédiates. En premier lieu il est évident que la propagation des ultrasons à l'intérieur du liquide satisfait à la relation

$$\frac{\partial^2 a}{\partial t^2} = V^2 \frac{\partial^2 a}{\partial x^2}, \tag{1}$$

l'onde directe d'amplitude a interférant avec l'onde réfléchie par la surface libre du liquide pour donner des nœuds et des ventres stationnaires séparés par une demi-longueur d'onde. Soit d la distance entre deux maximum (ou deux minimum) consécutifs, mesurée directement sur le cliché. On a $\lambda/2 = d\cos\alpha$, et puisque λ est égal à V/f, il vient

$$V = 2 f d \cos\alpha = \sqrt{\frac{1}{\rho\xi}}, \tag{2}$$

V étant la vitesse de propagation, ρ la densité, ξ le coefficient de compressibilité. L'étude du cliché permet, à l'aide de (2) de déterminer V de même que ξ, car f est donné par une mesure à l'ondemètre ou par la loi de Hund ($ef = 2870$, e étant l'épaisseur du quartz en millimètres et f la fréquence en kilocycles). Par exemple pour le cliché B de la figure 2, on a

$$d = 1^{mm},7, \qquad \alpha = 41^\circ, \qquad f = 7,17.10^5 \text{ cycles/seconde},$$

ce qui donne pour une solution de révélateur normal, diluée trois fois, la valeur V = 1800 m/sec à 12° C.

On peut obtenir le même résultat avec des liquides autres que le révéla-

teur dilué, par exemple avec de l'eau pure. Bien entendu dans ce cas, il faut traiter la plaque par le révélateur et la fixer comme d'habitude.

Pour expliquer l'action photochimique des ultrasons, nous pensons qu'il est nécessaire de faire intervenir un processus d'*activation par choc* entre les molécules du sel d'argent, suivant la théorie générale de M. Jean Perrin. Ce point de vue permet, comme l'a montré l'un de nous, d'interpréter d'une manière correcte la marche d'une réaction purement photochimique amorcée et entretenue uniquement par des ultrasons.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la gélatine évoluée dans le champ électrique.* Note (¹) de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. G. Urbain.

Conformément à des observations antérieures (²), on sait que le champ électrique impose à la gélatine, après plusieurs heures, une évolution caractérisée par une perte finale de conductivité et par des déformations mécaniques accompagnées d'un échelonnement de la concentration en ions hydrogène. La région cathodique, à réaction basique, est le siège d'une exsudation aqueuse. Dans les zones successives, les migrations, tant micellaires que ioniques, empruntent des mobilités inégales, ainsi que le révèlent respectivement la considération des figures de cataphorèse de sols colloïdaux et l'étude autophotographique d'ions radioactifs.

La présente recherche a eu pour objet l'examen des propriétés de la gélatine évoluée et notamment de ses propriétés électriques.

L'abaissement de conductivité, en tout point du domaine compris entre une électrode et l'autre, a été tout d'abord suivi à l'aide d'électrodes-sondes, sur une couche plane de gélatine étalée entre armatures parallèles. Au cours du temps, cet abaissement de conductivité sous l'action du champ, abaissement qui se manifeste simultanément dans l'intervalle entier, s'accentue à proximité des électrodes, et surtout à proximité de l'anode.

Tout champ supprimé, la gélatine évoluée ne cesse pas immédiatement de donner lieu à des phénomènes électriques. La région anodique est devenue positive par rapport à la région cathodique, la différence de potentiel pouvant, par exemple, dans les conditions expérimentales adoptées, atteindre l'ordre du millivolt pour des tensions d'excitation de l'ordre

(¹) Séance du 4 février 1935.

(²) Michaud, *J. Chim. Phys.*, 21, 1924, p. 386; Suzanne Veil, *J. Phys. Rad.*, 4, 1933, p. 362; *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1044.

d'une centaine de volts. Par la mise en court-circuit des électrodes, il s'établit un courant décroissant, qui, après quelques instants, tend à s'annuler.

Sous l'action du champ électrique, la gélatine a donc fonctionné à la manière d'un accumulateur.

La gélatine évoluée n'est d'ailleurs restée isotrope nulle part, comme le vérifie la dissymétrie éventuelle de certaines diffusions. Des indications à ce sujet, pour la région médiane du champ, ont été recueillies avec l'eau de baryte et avec le nitrate de plomb. Postérieurement à la suppression du champ, le milieu semble avoir subi une sorte de détente.

Action de tensions alternées. — Il était encore intéressant d'examiner, sur la gélatine évoluée, l'effet d'un renversement du champ. Soumise à un champ égal et de sens contraire à celui qui a déterminé préalablement son évolution, la gélatine, au début, récupère partiellement et progressivement sa conductivité. Puis, après une durée plus ou moins prolongée, se produit un retour à l'état sensiblement diélectrique. A la nouvelle cathode, on constate l'exsudation habituelle, et en présence d'un indicateur tel que le tournesol, la réaction basique. A l'autre électrode cependant, les mêmes effets, souvenirs de l'opération précédente, peuvent n'être pas effacés.

Lorsque la tension appliquée à la gélatine subit une série de renversements successifs, renversements accomplis chaque fois après évolution pratiquement complète, les récupérations temporaires de conductivité tendent, de manière plus ou moins régulière, à devenir insensibles à la suite d'un nombre suffisant d'opérations. A ce moment, les régions des électrodes sont susceptibles d'accuser l'une et l'autre les particularités cathodiques. Du côté cathodique initial cependant, l'effet s'avère prédominant : en d'autres termes, tout se passe comme si, dans les conditions de l'expérience, la gélatine avait été livrée à un brassage amorti.

D'autre part, postérieurement à chaque séjour dans le champ, les différences de potentiel spontané qui s'établissent entre anode et cathode, tout champ supprimé, tendent, elles aussi, à devenir insensibles pour un nombre suffisant d'opérations.

Enfin des expériences ont concerné le comportement de la gélatine sous tension alternative proprement dite. Lorsque la gélatine est soumise à un champ alternatif, au sens usuel du mot, la tension change trop souvent de sens pour permettre aux évolutions de s'accomplir entièrement entre les alternances, et l'altération de la conductivité devient difficilement décelable. Cependant, pour des fréquences suffisamment basses, l'action du champ, à

la longue, est susceptible de se trahir par l'apparition, à l'une et à l'autre électrodes, de l'exsudation aqueuse ainsi que du virage basique d'un indicateur tel que le tournesol.

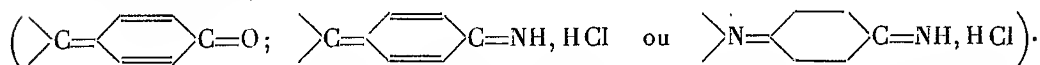
On ne saurait par suite, en toute rigueur, considérer que le champ électrique alternatif reste sans action sur la gélatine, en particulier aux points d'application de la tension. Le fait que les effets sont d'autant moins marqués que la fréquence est plus élevée semble devoir être rapproché de l'inocuité relative bien connue des courants de haute fréquence pour l'organisme.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Caractère non saturé des matières colorantes et phénomène photovoltaïque.* Note (¹) de Mlle **Cécile Stora**, présentée par M. J. Perrin.

Les matières colorantes, étant des substances photosensibles organiques, présentent une importance particulière dans l'étude du phénomène photovoltaïque dont les électrodes colorées sont le siège. On peut, en effet, modifier facilement leur structure chimique et observer la variation correspondante du potentiel à l'obscurité et du photopotentiel.

Je me suis proposé, dans cette étude, de déterminer si un parallélisme existe entre le photopotentiel et la présence dans le colorant, soit de groupes non saturés par constitution (chromophores), soit de groupes dont les atomes (N, O) ont la possibilité de changer de valence (auxochromes $NH^2.OH$). Les premiers confèrent, en général, à la molécule la faculté de réagir avec l'hydrogène; les seconds la rendent sensible aux éléments électronégatifs.

Or, si l'on excepte les composés du groupe de l'indigo, presque tous les groupes usuels de colorants peuvent être considérés comme possédant un chromophore paraquinonique



De plus, chaque groupe renferme des dérivés hydroxylés et des dérivés mono ou polyaminés.

La comparaison photovoltaïque des colorants d'un même groupe permet de mettre en évidence l'influence des auxochromes. Par contre, la compa-

(¹) Séance du 4 février 1935.

raison des différents groupes ne peut fournir qu'une indication quant à celle du chromophore, car, le plus souvent, lorsque ce dernier varie d'un groupe à l'autre, la structure de toute la molécule varie aussi (aurine, fuchsine, rhodamine B).

Le tableau suivant indique quelques-uns des résultats obtenus avec des électrodes de platine rigoureusement propres. Ces résultats ne sont valables qu'aux concentrations en collodion et en colorant indiquées. Le photopotentiel est en effet une fonction complexe, non seulement de ces deux variables, mais surtout de la proportion des formes réduites (leucodérivé) et oxydées (colorant) en présence.

(Collodion, 1 pour 100; électrolyte, SO^4K^2/100).

Groupe.		Groupe terminal du complexe quinonique.	Auxochromes.		Dérivé.	Concentration pour 100 en colorant.	Photopotentiel en millivolts.
Triphénylméthane		–	–	–	Triphénylméthane	0,5	0
		C=O	2	OH	Acide rosolique	0,85	−0,8
		>C=NR^2Cl	–	–	Vert malachite	0,5	−0,3
			–	–	Vert brillant	0,5	+0,5
			2	NH^2	Fuchsine	0,5	−0,5
Diphénylméthane		–	2	NH^2	Auramine	0,5	+5
Xanthane		C=O	1	OH	Érythrosine	0,2	+6
		>C=NR^2Cl	1	$N(C^2H^5)^2$	Rhodamine B	0,2	+5,6
			1	NH^2	Pyronine	0,2	−0,6
Acrinidiques		–	1	NH^2	Acridine	0,5	+3
Azoïques		–	1	$N(CH^3)^2$	Rouge de méthyle	0,5	−0,4
			2	NH^2	Chrisoïdine	0,5	−0,1
			3	NH^2	Brun Bismarck	0,5	−0,7
Quinone imide et diimide	Azines	C=NR^2Cl	1	NH^2	Phénosafranine	0,55	−0,75
	Oxazines	»	1	NH^2	Bleu de Nil	0,75	−0,1
	Thiazines	»	1	$N(CH^3)^2$	Bleu de méthylène	1,75	−2,5

L'examen de ce tableau conduit aux déductions suivantes :

1° La transformation des dérivés hydroxylés en dérivés aminés, avec remplacement corrélatif dans le complexe quinonique du groupe carbonyle par le chromophore azométhine, n'a pas d'influence sensible sur le photopotentiel. La photosensibilité de l'auxochrome NH^2 ne paraît pas supérieure à celle de l'oxhydryle OH.

2° Le photopotentiel n'est pas fonction du nombre de groupes amidogènes, alcoylés ou non, présents dans la molécule.

3° Les seuls photopotentiels fortement positifs obtenus, provenant tous, exception faite pour l'auramine, de substances très fluorescentes, il est préférable pour ne pas compliquer l'étude du phénomène, d'écarter systématiquement les composés organiques susceptibles d'un processus secondaire (fluorescence, décomposition photochimique, altération irréversible à l'oxygène de l'air) processus que l'électrode enregistre simultanément.

On est ainsi amené à conclure que les auxochromes semblent ne pas intervenir dans le phénomène photovoltaïque. Les matières colorantes au pourcentage maximum de substance oxydée sont peu photosensibles; leur photopotentiel, en général négatif, pourrait être interprété par une réduction dont le chromophore serait responsable.

Il importe de remarquer que cette inertie des auxochromes est contraire à certaines prévisions.

En effet, si l'on admet pour expliquer le mécanisme des phénomènes photovoltaïques, l'hypothèse de la photolyse de l'eau [1], on est logiquement conduit à penser que les éléments de cette eau photolysée (H, O) doivent réagir de préférence sur les groupes les moins saturés de la molécule; en particulier, sur le chromophore $N=\langle\ \rangle=NH$, HCl et le groupe amidogène NH^2 dont l'atome d'azote est dans un état de saturation moindre que l'atome d'oxygène de l'oxhydrile OH. Si les auxochromes étaient la cause du photopotentiel, celui-ci positif, devrait être plus grand pour les dérivés aminés que pour les dérivés hydroxylés et croître avec le nombre de groupes NH^2.

Une étude préliminaire sur des électrodes de cuivre aurait presque entièrement confirmé ces prévisions, mais le comportement particulier de ces électrodes m'a permis de constater que les matières colorantes, en l'espace de quelques heures, attaquent le cuivre et que le composé cuivre-colorant ainsi formé est en grande partie responsable du photopotentiel observé.

Néanmoins nous verrons, dans une étude ultérieure, qu'on peut donner des résultats obtenus avec les électrodes de platine une explication satisfaisante.

---

(1) R. Audubert, *Journal de Physique*, 7e série, 5, 1934, p. 486.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les mobilités relatives des radicaux alcoyles primaires normaux, de C^1 à C^{16}, dans leurs chlorosulfites.* Note [1] de M. **P. Carré**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons déjà montré [2] que la détermination des températures de décomposition des chlorosulfites d'alcoyle, en présence de pyridine, permet de comparer les mobilités relatives des radicaux alcoyles.

Nous avons maintenant complété ces déterminations pour tous les chlorosulfites d'alcoyles primaires de C^1 à C^{16} :

	Nature du radical alcoyle.	Température de décomposition du chlorosulfite en présence de pyridine.
1.	Méthyle CH^3	$-5°$
2.	Éthyle $CH^3.CH^2$	18
3.	Propyle $CH^3.(CH^2)^2$	34-35
4.	Butyle $CH^3.(CH^2)^3$	45-46
5.	Pentyle $CH^3.(CH^2)^4$	48
6.	Hexyle $CH^3.(CH^2)^5$	53
7.	Heptyle $CH^3.(CH^2)^6$	56
8.	Octyle $CH^3.(CH^2)^7$	44-45
9.	Nonyle $CH^3.(CH^2)^8$	40-41
10.	Décyle $CH^3.(CH^2)^9$	45-46
11.	Undécyle $CH^3.(CH^2)^{10}$	38-39
12.	Dodécyle $CH^3.(CH^2)^{11}$	44
13.	Tridécyle $CH^3.(CH^2)^{12}$	44
14.	Tétradécyle $CH^3.(CH^2)^{13}$	50
15.	Pentadécyle $CH^3.(CH^2)^{14}$	46-47
16.	Cétyle $CH^3.(CH^2)^{15}$	57

Si l'on représente ces résultats en portant en abscisses le nombre d'atomes de carbone des radicaux alcoyles, et en ordonnées les températures de décomposition des chlorosulfites correspondants, on obtient la ligne figurative suivante :

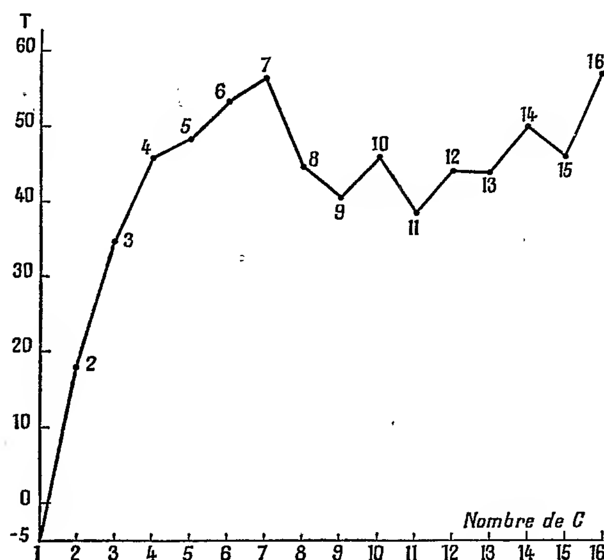
Si l'on admet que les mobilités des radicaux alcoyles sont d'autant plus grandes que les températures de décomposition des chlorosulfites correspondants sont plus basses, on voit que ces mobilités diminuent assez rapidement de C^1 à C^7, avec un minimum pour C^7, les mobilités de C^8 à C^{15}

(1) Séance du 4 février 1935.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1835; **196**, 1933, p. 1806; **198**, 1934, p. 939.

étant supérieures à celles de C^7, et la mobilité de C^{16} redevenant un peu moindre que celle de C^7.

On voit aussi, plus particulièrement entre C^8 et C^{12}, une alternance entre les mobilités des radicaux pairs et impairs, les mobilités de C^9 et C^{11} étant supérieures à celles de C^8, C^{10} et C^{12}; cette alternance s'aperçoit aussi sur d'autres parties de la courbe, nettement pour C^{14}, C^{15} et C^{16}, et



aussi pour C^4, C^5, C^6, du fait que la diminution de la mobilité est plus faible quand on passe de C^4 à C^5 que lorsqu'on passe de C^5 à C^6.

D'autre part, on peut supposer que la décomposition des chlorosulfites R.OSO.Cl, en gaz sulfureux SO^2 et chlorure d'alcoyle RCl, est d'autant plus facile que la charge positive du radical R est plus grande, ou bien est plus rapprochée de la charge négative du chlore. On est alors conduit à penser que si les mobilités ne varient pas dans le même sens de C^1 à C^{16}, cela peut tenir à ce que la charge du chlore, d'une part, et les charges des radicaux R, d'autre part, sont plus rapprochées dans le cas de C^8 à C^{15} que dans le cas de C^5 à C^7, et que, par suite, les chaînes carbonées ne sont plus rectilignes mais incurvées ou enroulées à partir de C^8. Cette particularité des termes homologues de C^7 est en accord avec celle qui a déjà été observée [1] dans l'absorption des dicétones $CH^3.CO.(CH^2)^n.CO.C^6H^5$, des

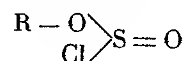
(1) Ramart-Lucas, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 318.

acides $C^6H^5.O.(CH^2)^n.CO^2H$, et des éthers oxydes $C^6H^5O.(CH^2)^n.O.C^6H^5$, à partir de $n = 8$.

En *résumé*, les mobilités relatives des radicaux alcoyles normaux, de C^1 à C^{16}, appréciées d'après les températures de décomposition des chlorosulfites correspondants, varient dans le même sens de C^1 à C^7 seulement; de C^8 jusqu'à C^{15}, elles deviennent notablement inférieures à celles de C^7, en présentant l'alternance paire-impaire; ce changement à partir du terme en C^8 est en accord avec d'autres observations sur les chaînes hydrocarbonées.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Moments électriques permanents de quelques chlorosulfites d'alcoyle.* Note de M. **Pierre Trunel**, présentée par M. G. Urbain.

La chaleur agissant sur les chlorosulfites d'alcoyle



les décompose en chlorure d'alcoyle d'une part et gaz sulfureux d'autre part. L'étude des températures de décomposition d'un certain nombre d'entre eux a permis à M. Carré (¹) de classer les radicaux alcoyles. Il a supposé qu'une température plus basse de décomposition correspond à une électropositivité plus forte du radical R vis-à-vis du chlore négatif.

Il était intéressant de savoir si les variations, avec le radical R, de ces températures de décomposition correspondaient à des positions relatives différentes de l'alcoyle et du chlore. C'est dans ce but que fut effectuée la mesure des moments électriques permanents de quelques chlorosulfites d'alcoyle; une variation quelconque dans les positions relatives des atomes devant probablement entraîner une variation corrélative du moment électrique.

Les mesures ont porté sur les chlorosulfites de méthyle, d'éthyle, de *n*-propyle, de *n*-butyle et de *n*-hexyle. Les quatre premiers ont été préparés selon la méthode de MM. Carré et Libermann (²). Le chlorosulfite de *n*-hexyle, non encore décrit, fut obtenu par l'action du chlorure de thionyle sur l'alcool hexylique normal.

(¹) *Bull. Soc. chim. France*, **53**, 1933, p. 1075.
(²) *Bull. Soc. chim. France*, **53**, 1933, p. 1051.

Une molécule d'alcool hexylique est versée goutte à goutte sur 1,2 molécule de chlorure de thionyle à la température ordinaire. Après un repos de 48 heures le mélange est soumis à la distillation, d'abord sous 15^{mm} pour éliminer l'excès du chlorure de thionyle, ensuite sous $1^{mm},5$ pour obtenir le chlorosulfite avec un excellent rendement. Après rectification on obtient un liquide incolore, fumant peu à l'air et qui possède les propriétés générales des chlorosulfites d'alcoyle.

Point d'ébullition : 71° sous $1^{mm},5$.

Dosage de chlore après hydrolyse : calculé, 19,24 pour 100; trouvé, 19,28 pour 100.

Ce chlorosulfite est le terme le plus élevé qui pût être distillé sans décomposition sous le vide de la trompe à vapeur de mercure.

Les moments électriques ont été calculés par la formule de Debye en négligeant le terme infrarouge

$$\mu = 0,01273\sqrt{(P - RM_D)T} \times 10^{-18}$$

dans laquelle μ est le moment en U. E. S. C. G. S., RM_D, la réfraction moléculaire pour la raie D; T la température absolue et P la polarisation totale du chlorosulfite extrapolée pour une dilution infinie à partir de mesures de constantes diélectriques faites à concentrations variables dans le benzène ($\lambda = 100^m$).

Les valeurs trouvées pour les différents chlorosulfites ont été les suivantes :

Nature du radical.	$n_D^{25°}$.	$d_{4°}^{25°}$.	RMD.	$P_{25°}$.	$P_{45°}$.	$\mu \times 10^{18}$ à 25°.	à 45°.
CH^3	1,4648	1,4025	22,56	131,7	128	2,30	2,33
C^2H^5	1,4550	1,2766	27,31	170,9	165	2,63	2,66
C^3H^7n	1,4559	1,2078	32,07	184,2	177	2,71	2,73
C^4H^9n	1,4566	1,1613	36,67	187,4	182	2,70	2,74
$C^6H^{13}n$	1,4574	1,0923	46,04	196,6	192,4	2,70	2,75

Ce tableau montre que, dans les limites des erreurs expérimentales, il n'y a pas de différence entre les moments des chlorosulfites de propyle, de butyle et d'hexyle tous pris à la même température; la différence est faible pour le terme en C^2; enfin la valeur, très différente des autres, du moment du chlorosulfite de méthyle vérifie simplement le comportement spécial habituel du terme en C^1.

Il semble donc, d'après ces mesures et dans les limites de la précision expérimentale, que la structure des chlorosulfites d'alcoyle primaire reste toujours identique à elle-même quel que soit le radical R.

En particulier il ne semble pas qu'il y ait de manière quelconque variation de l'angle des liaisons R — O et S — Cl par rotation autour de l'axe S — O.

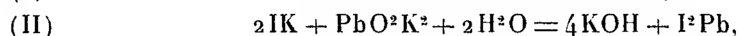
La différence, assez constante cependant, entre les valeurs à 25° et à 45° est, elle aussi, trop comparable aux erreurs d'expérience pour qu'on puisse envisager une variation importante de structure avec la température.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des iodures d'alcoyle sur les plombites alcalins.* Note de M. **Michel Lesbre**, présentée par M. G. Urbain.

En 1922, Druce (¹), qui avait étudié la préparation des acides stanno-niques par la réaction de Meyer (²), eut l'idée de faire réagir dans des conditions analogues l'iodure de méthyle sur des solutions alcalines d'oxyde de plomb. D'après cet auteur, l'iodure d'alcoyle serait peu à peu absorbé en donnant naissance à de l'iodure de plomb. La réaction se ferait en deux temps

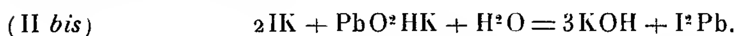


(I) $KOH + CH^3I = CH^3OH + IK,$



(II) $2IK + PbO^2K^2 + 2H^2O = 4KOH + I^2Pb,$

ou encore, si l'on admet avec Berl et Austerweil (³) l'existence d'un mono-plombite de potassium



(II *bis*) $2IK + PbO^2HK + H^2O = 3KOH + I^2Pb.$

En outre, si l'on neutralisait le filtrat au moyen de gaz carbonique, on précipitait à nouveau de l'iodure de plomb résultant de la décomposition de l'iodoplombate PbI^3K. En aucun cas, Druce n'a pu obtenir de composé carboné.

Nous avons repris systématiquement cette étude qui nous a permis de préparer de nouveaux composés organo-plombiques à partir des iodures de méthyle et d'éthyle.

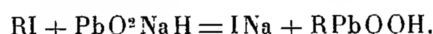
En ajoutant une solution binormale de soude à un léger excès d'acétate de plomb en solution diluée, il précipite transitoirement de l'hydroxyde de plomb $Pb(OH^2)$ qui en se séparant à froid se transforme en un hydrate plus condensé $Pb(OH)^2$, $2PbO$ (⁴). La solubilité de cet hydrate dans les alcalis est notoirement plus élevée que celle des deux variétés allotropiques d'oxyde anhydre PbO. Elle croît rapidement avec le pH des liqueurs,

(¹) *Chem. News*, **124**, 1922, p. 215.
(²) *Ber. d. chem. Ges.*, **16**, 1883, p. 1442.
(³) *Z. f. Electrochem.*, **13**, 1907, p. 165.
(⁴) Müller, *Z, physik. Chem.*, **114**, 1925, p. 129.

mais le domaine de stabilité de l'hydrate étant assez réduit si l'on dépasse à 15°C. la concentration 7N en soude, la peptisation fait place à une déshydratation et l'oxyde olive précipite. La déshydratation est également catalysée par le chauffage et la lumière solaire. Le meilleur rendement en plombite paraît atteint à 15°C. dans une solution 6N évoluée 6 jours à l'obscurité (une telle solution renferme $0^{mol},16$ de plomb dissous par litre). On ajoute alors la quantité théorique d'iodure d'alcoyle additionnée de 20^{cm^3} d'alcool correspondant (méthylique ou éthylique). L'iodure est absorbé progressivement, faisant place au bout de trois semaines environ à un précipité blanc, où l'on décèle aisément la présence du carbone. Afin d'éliminer les traces d'oxyde ou d'iodure de plomb, le précipité était dissous dans l'acide chlorhydrique concentré bouillant, d'où l'on reprécipitait l'acide plombonique RPbOOH par un grand excès d'eau.

Le plomb y était dosé à l'état de sulfate, après combustion de la substance dans un sulfonitrique de concentration convenable.

Contrairement à l'hypothèse de Druce, les iodures d'alcoyle sont donc susceptibles de réagir directement sur les plombites alcalins en donnant naissance aux *acides plomboniques* correspondants,



$$RI + PbO^2NaH = INa + RPbOOH.$$

Il y a là une nouvelle extension de la réaction de Meyer que nous avions déjà généralisée [1].

Il est à noter toutefois que le plombite de potassium ne réagit pas de la même façon, probablement parce que l'hydroxyde de plomb forme avec la potasse des solutions colloïdales [2].

Comme les acides stannoniques décrits dans une précédente Note [1], les acides plomboniques se présentent sous forme de poudres amorphes, infusibles, peu solubles dans l'eau et les solvants organiques. Ce sont aussi des composés *amphotères*, solubles aussi bien dans les bases alcalines que dans les acides minéraux.

A. Seules, les lessives alcalines dissolvent à ébullition les acides plomboniques; ces solutions abandonnées sous vide sulfurique, laissent déposer des cristaux déliquescents de plombonates alcalins, décomposables par l'eau et l'acide carbonique.

---

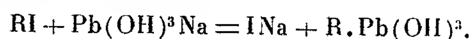
(1) M. Lesbre et Mlle G. Glotz, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 458; *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1426.

(2) Bhagwat et Dhar, *J. Indian Chem. Soc.*, 6, 1929, p. 781.

B. D'autre part, les acides plomboniques se dissolvent facilement dans les hydracides dilués en donnant des composés jaunes trihalogénés $RPbX^3$, d'où l'ammoniaque où les agents alcalins les précipitent à nouveau. Seuls, les iodures sont peu stables et se décomposent à chaud en iodure de plomb.

Les trichlorures ou tribromures se combinent avec les chlorhydrates ou bromhydrates de bases organiques (pyridine, quinoléine, etc.), en donnant des complexes du type $(RPbX^5)Py^2H^2$ où le plomb est hexacoordiné. Ces complexes sont moins stables que les composés correspondants de l'étain.

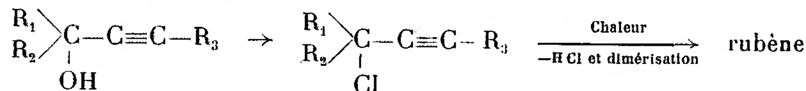
Les acides plomboniques sont nettement plus basiques que les acides stannoniques; dans cet ordre d'idées, il convient de les rapprocher des acides séléniniques, à propriétés franchement basiques (1). Leur basicité est particulièrement mise en évidence si l'on admet pour les plombites une constitution analogue à celle des stannites, telle que l'ont établie les récents travaux de Scholder et Pätsch (2); la réaction de formation des acides plomboniques devrait en effet s'écrire



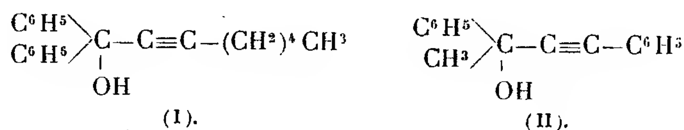
$$RI + Pb(OH)^3Na = INa + R.Pb(OH)^3.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'obtention d'hydrocarbures colorés du type rubène.* Note de M. **Antoine Willemart**, présentée par M. Delépine.

La possibilité de formation de rubène suivant le schéma



est influencée par la nature des radicaux R_1, R_2 et R_3. D'une part, dans les cas du diphénylheptynylcarbinol (I) et du phénylméthylphényléthynylcarbinol (II),

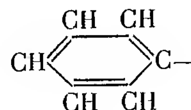


---

(1) Stoeckner et Krafft, *Ber. d. chem. Ges.*, 46, 1913, p. 821; Shaw et Reid, *J. amer. chem. Soc.*, 48, 1926, p. 520.

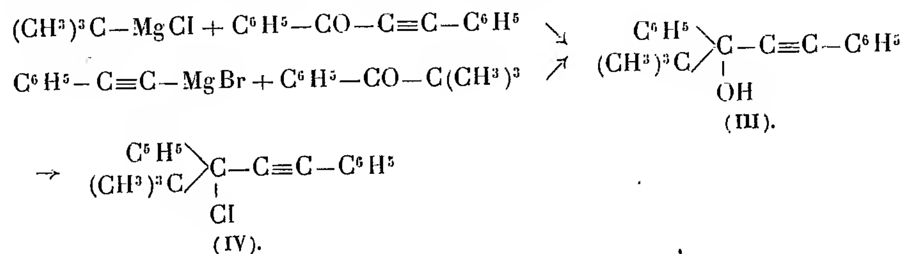
(2) *Z. anorg. Chem.*, 216, 1933, p. 176.

l'introduction d'un seul substituant hydrocarboné aliphatique a modifié la stabilité des éthers chlorhydriques à tel point qu'ils n'étaient pas décomposables par la chaleur [1]. D'autre part, d'après de nombreux travaux [2], les plus grandes chances d'obtention d'hydrocarbures colorés du type rubène paraissent exister quand les trois radicaux R_1, R_2 et R_3 *sont liés par des atomes non porteurs d'hydrogène*, ce qui arrive, en particulier, dans le cas de phényles



Comme le groupement tertiobutyle $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>C-$ répondait à cette condition, nous avons étudié l'influence qu'il pourrait exercer en le plaçant d'abord en R_2. C'est l'objet de cette Note.

Nous avons préparé le phényltertiobutylphényléthynylcarbinol $C^{19}H^{20}O$ (III), soit par l'action du chlorure de tertiobutylmagnésium sur le benzoylphénylacétylène, soit par l'action du bromure de phénylacétylène magnésium sur la triméthylacétophénone.



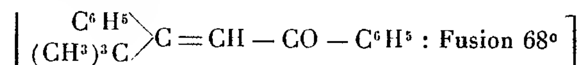
Le carbinol obtenu est un solide incolore fondant à 68° (bloc). Traité dans des conditions convenables par le trichlorure de phosphore, il donne l'éther chlorhydrique correspondant $C^{19}H^{19}Cl$ (IV) sous forme de cristaux incolores fondant à 65° (bloc). Soumis à l'action de la chaleur, cet éther chlorhydrique s'est montré relativement stable et n'avait aucune tendance à perdre de l'acide chlorhydrique pour donner un hydrocarbure coloré.

---

(1) A. Willemart, *Ann. de Chim.*, 10e série, 12, 1929, p. 345.

(2) Pour renseignements antérieurs à 1932, voir Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 804; voir, de plus, Ch. Dufraisse et Loury, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 957.

Comme nous pouvions craindre une isomérisation ([1]) qui aurait changé la structure de la molécule, nous avons cherché à démontrer que la configuration de l'éther chlorhydrique était bien celle du type attendu. En effet : 1° Conformément à des études antérieures sur des composés acétyléniques semblables ([2]), la même cétone éthylénique, le phényltertiobutylbenzoyléthylène, $C^{19}H^{20}O$,



$$\left[\begin{matrix} C^6H^5 \\ (CH^3)^3C \end{matrix} \right\rangle C = CH - CO - C^6H^5 : \text{Fusion } 68^\circ \Big]$$

a pu être préparée, soit à partir du carbinol, soit à partir de son éther chlorhydrique. — 2° De plus, l'hydrolyse de l'éther chlorhydrique conduit au même carbinol initial, ce qui prouve l'identité de structure de ces deux composés. — 3° Enfin la configuration du carbinol a été vérifiée par une scission oxydante. Au moyen de l'acide chromique, la molécule se coupe entre le carbone portant la fonction alcool et le carbone acétylénique voisin : on obtient, avee un rendement d'environ 70 pour 100, la triméthylacétophénone (liquide caractérisé par le point de fusion de son oxime 165°). Le reste de la molécule donne l'acide benzoïque attendu.

L'introduction d'un groupement tertiobutyle en R_2 ne favorise donc pas l'obtention d'hydrocarbure coloré du type rubène suivant le mode opératoire proposé ci-dessus.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Sur un phénomène offert en lumière polarisée par le quartz en vibration.* Note ([3]) de M. **Pan Tcheng Kao**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'avais suggéré ([4]) que l'étude des modes de vibration d'une lame de quartz permettrait très probablement de déceler des défauts d'homogénéité occlus dans la lame, par conséquent indécelables par l'examen des

---

([1]) Wagner et Brykner, *Ber. d. chem, Ges.*, 32, 1899, p. 2302; D. E. Bateman et C. S. Marvel, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 2914.

([2]) K. Meyer et K. Schuster, *Ber. d. chem. Ges.*, 55, 1922, p. 819; Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et C. Mackall, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 33, 1923, p. 934; M. Badoche, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 43, 1928, p. 337; A. Willemart, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1172.

([3]) Séance du 4 février 1935.

([4]) *Revue d'Optique théorique et instrumentale*, 10, 1931, p. 153 à 161.

figures de corrosion, ni par les méthodes optiques habituelles, si ces défauts ne sont pas liés à des propriétés optiques du quartz.

En poursuivant des recherches dans cette voie, j'ai trouvé, il y a quelques années, un phénomène optique curieux offert en lumière polarisée par le quartz piézoélectrique en vibration. Cette méthode d'examen a déja été employée, comme on le sait, par M. E. P. Tawil [1]. Je fais passer la lumière suivant l'axe optique. Dans ces conditions, si la lame est correctement taillée, elle ne présente pratiquement aucune biréfrigence; je compense le pouvoir rotatoire en faisant passer deux fois en sens inverse le faisceau de lumière polarisée, comme dans l'appareil classique de Norrenberg. On obtient alors facilement l'extinction.

Excitons maintenant la lame de quartz sur l'une de ses nombreuses fréquences propres, en appliquant une tension haute fréquence appropriée à deux armatures placées parallèlement aux faces électriques de la lame, supposée taillée suivant les indications de Curie. Cette excitation peut d'ailleurs être auto-entretenue ou indépendante, c'est-à-dire que le condensateur contenant le quartz peut faire partie d'un oscillateur à lampe ou recevoir simplement l'excitation d'une hétérodyne séparée.

Dès que le quartz vibre, nous observons dans l'analyseur, préalablement mis à l'extinction, l'apparition de zones lumineuses, comme nous devions nous y attendre, et la lumière observée est colorée. La coloration dépend d'ailleurs du mode de vibration du quartz. Pour des modes de vibrations d'ordre élevé et plus ou moins complexes, le phénomène optique devient très curieux. On voit apparaître des taches rouges et vertes alignées régulièrement pour une lame parallélépipède. En fait, nous avons essayé beaucoup d'autres formes de quartz : cube, prisme triangulaire, cylindre droit, cylindre creux, etc. dont l'axe de symétrie géométrique d'ordre le plus élevé, ou l'un de ces axes, est confondu avec l'axe optique du quartz. Dans chaque cas, nous avons toujours observé des taches colorées.

Le phénomène optique observé est très beau par les couleurs vives, par la régularité des taches colorées et surtout par le passage rapide d'un dessin à un autre quand les vibrations du quartz changent de mode. Malheureusement, le phénomène nous semble, dès le premier abord, très difficile à analyser au point de vue optique, à cause de l'existence du pouvoir rotatoire et de la biréfringence et aussi de la rapidité du phénomène. Des recherches sont en cours pour l'analyser stroboscopiquement.

---

[1] *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 1099.

Cependant, nous pouvons tirer dès maintenant, de l'expérience décrite, quelques conclusions à d'autres points de vue.

1° Au point de vue du contrôle de l'homogénéité et de la précision de taille du quartz piézoélectrique, il semble que notre prévision soit confirmée. En effet, il est rare de trouver une lame qui donne des dessins lumineux ci-dessus mentionnés, absolument réguliers et, dès que la lame possède quelques défectuosités, on y voit immédiatement des irrégularités plus ou moins importantes.

2° Au point de vue des modes de vibration, l'idée le plus simple qui nous vienne à l'esprit, pour une lame parallélépipède, est le mode en demi-longueur d'onde ou en un nombre entier de demi-ondes. Or les travaux de D. W. Dye [1] et d'autres ont montré que les modes de vibration du quartz sont extrêmement complexes et l'on a la tendance à croire que tous les modes le sont également. Nous pensons à ce sujet que l'existence des modes de vibration très compliqués n'en exclut pas les simples. C'est ce que les dessins lumineux nous montrent clairement.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Oscillations du cylindre creux de quartz.* Note de MM. **Ny Tsi-Ze** et **Tsien Ling-Chao**, présentée par M. Ch. Fabry.

Un cylindre creux en quartz, dont l'axe est parallèle à l'axe optique du cristal, peut être mis en vibration dans un circuit électrique comme une lame piézoélectrique. En étudiant une dizaine de cylindres de différentes dimensions, nous avons pu assigner quatre modes différents de vibrations et trouver les lois qui régissent leurs fréquences.

I. *Vibration transversale radiale.* — Le cylindre creux vibre dans le sens de l'épaisseur en présentant six régions alternativement dilatées et contractées réparties à distances angulaires égales autour de l'axe du cylindre, les amplitudes maxima se trouvant dans les plans diamétraux qui contiennent les trois axes électriques du cristal. La fréquence propre de vibration dans le sens de l'épaisseur est trouvée expérimentalement égale en kilocycles par seconde, à

$$f_1 = \frac{255}{R - r},$$

[1] *Royal Society Proceeding*, 138, 1932, p. 1 à 16.

où R et r sont les rayons extérieur ou intérieur du cylindre creux de quartz exprimés en centimètres.

2. *Vibration transversale circulaire.* — Un cylindre creux de quartz peut être le plus facilement mis en vibration le long de la circonférence de la section droite. Il vibre en trois segments et chacun d'eux se compose d'une région de condensation et d'une région de dilatation. Les ventres de vibrations sont dans les plans diamétraux contenant les trois axes électriques du cristal. La fréquence propre de ce mode de vibration est trouvée expérimentalement égale, en kilocycles par seconde, à

$$f_2 = \frac{263}{\frac{\pi}{3}(R+r)}.$$

Les deux modes de vibrations transversales radiale et circulaire du cylindre creux de quartz sont du caractère piézoélectrique. Les génératrices du cylindre se déplacent en restant parallèles à elles-mêmes, et les fréquences propres sont, par conséquent, indépendantes de la longueur du cylindre.

Les vibrations de ces deux modes peuvent être constatées optiquement. Disposons le cylindre creux de quartz dans un appareil de Norremberg, par exemple, de façon que la lumière traverse le cylindre le long de son axe. On observe une couleur uniforme à travers la couronne du cylindre. Au moment où le cylindre entre en vibration apparaissent sur le fond de couleur uniforme initiale très nettement six taches de couleur différente marquant les ventres aux extrémités des axes électriques [1].

Il est évident que le rapport r/R des rayons intérieur et extérieur du cylindre creux de quartz ne doit pas être très petit, pour que les vibrations transversales radiale et circulaire puissent être facilement établies. Les deux constantes 255 et 263 kilocycles par centimètre déterminées dans nos expériences, où le rapport r/R a varié de 0,63 à 0,23, sont assez voisines de celles des lames piézoélectriques.

Outre les vibrations transversales, nous observons encore les modes suivants de vibrations dont les fréquences propres sont inversement proportionnelles à la longueur du cylindre de quartz.

3. *Vibration longitudinale.* — La fréquence propre de vibration longitudinale du cylindre creux de quartz le long de son axe est trouvée égale en

---

[1] NY TSI-ZÉ et TSIEN LING-CHAO, *Nature*, 134, 1934, p. 214.

kilocycles à

$$f_3 = \frac{310}{l},$$

où l est la longueur du cylindre exprimée en centimètres. La vibration longitudinale du cylindre creux de quartz correspond exactement à la vibration d'une lame piézoélectrique dans la direction de l'axe optique déjà signalée par divers auteurs et la constante 310 kilocycles par centimètre est presque identique à la valeur théorique.

4. *Vibrations tournantes.* — L'existence de ce mode des vibrations tournantes montre implicitement celle du phénomène inverse de stréphoélectricité, c'est-à-dire la rotation d'un condensateur cylindrique de quartz lorsqu'on met ses armatures en charge. La fréquence propre de ce mode de vibration est trouvée égale en kilocycles à

$$f_4 = \frac{220}{l}.$$

De cette formule, on déduit la valeur de $5,08.10^{11}$ pour le module de rigidité de quartz en accord excellent avec la détermination directe par Voigt, Riecke et Pockels.

Un cylindre creux de quartz, pouvant vibrer suivant différents modes et dont les dimensions peuvent varier dans de larges limites, serait susceptible de remplacer avantageusement, dans certains cas, les oscillateurs à lame de quartz piézoélectrique.

MINÉRALOGIE. — *De l'orientation des chlorure et bromure de plomb par le mica muscovite.* Note de M. **Louis Royer**.

1. J'ai établi (¹) pourquoi les chlorure et bromure de potassium, qui cristallisent à partir d'une solution dans l'eau pure en cubes, se déposent en octaèdres quand on ajoute à la solution aqueuse de KCl du chlorure de plomb $PbCl^2$ et du bromure de plomb $PbBr^2$ à celle de KBr.

D'autre part j'ai montré (²) que les relations de structure qui doivent exister entre le cristal d'un corps A et le cristal d'un corps B pour que B ajouté à une solution de A soit susceptible de modifier le faciès des cristaux

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1868.
(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 185.

abandonnés par cette solution, sont identiques à celles qui conditionnent l'épitaxie dipériodique.

Cette conclusion appliquée au cas des chlorures et bromures de potassium et de plomb permet de prévoir que les chlorure et bromure de plomb doivent se déposer en cristaux orientés sur une lame de clivage de mica.

En effet, d'une part $PbCl^2$ (ou $PbBr^2$) fait apparaître sur les cristaux de KCl (ou KBr) les faces de l'octaèdre $a^1(111)$.

D'autre part, on sait que KCl (ou KBr) s'oriente sur un clivage de mica de telle sorte que la face $a^1(111)$ de ces cristaux coïncide avec le plan $p(001)$ du mica.

Ces deux faits combinés doivent en entraîner un troisième : l'orientation des cristaux de $PbCl^2$ et $PbBr^2$ se déposant au contact d'un clivage de mica.

2. C'est bien ce que confirme l'expérience.

Si l'on étale une solution de chlorure de plomb dans l'eau bouillante sur un clivage frais de mica muscovite, les cristaux de $PbCl^2$ qui se déposent au refroidissement sont pour la plupart orientés par le mica.

En raison de la faible solubilité de $PbCl^2$ dans l'eau, les cristaux ainsi obtenus par refroidissement rapide sont de très petite taille. Ils sont aciculaires et allongés suivant [001].

Leur orientation par la muscovite se fait de manière que le plan $g^1(010)$ de $PbCl^2$ coïncide avec le plan $p(001)$ du mica; en plus la rangée [001] de $PbCl^2$ a même direction que l'une des rangées [010], [310], $[3\bar{1}0]$ du mica.

Il en résulte trois orientations différentes du cristal de $PbCl^2$ par le mica symétriques l'une de l'autre par rotation de 120° autour de la normale au plan $p(001)$ du mica.

Les deux plans réticulaires qui coïncident dans l'accolement de ces deux espèces ont des formes quasi identiques, aussi bien la maille élémentaire du plan $p(001)$ du mica que celle du plan $g^1(010)$ de $PbCl^2$ sont pseudosénaires. Ils ont en plus mêmes dimensions abolues à peu de choses près : le côté de l'hexagone pseudo-régulier a une valeur de 8,92 Å dans le mica et de 9,15 Å dans $PbCl^2$.

3. Les conditions sont analogues dans le cas de l'orientation des cristaux de bromure de plomb par la muscovite. $PbBr^2$ se dépose en cristaux à contours hexagonaux sur le mica, l'un des côtés de l'hexagone a même

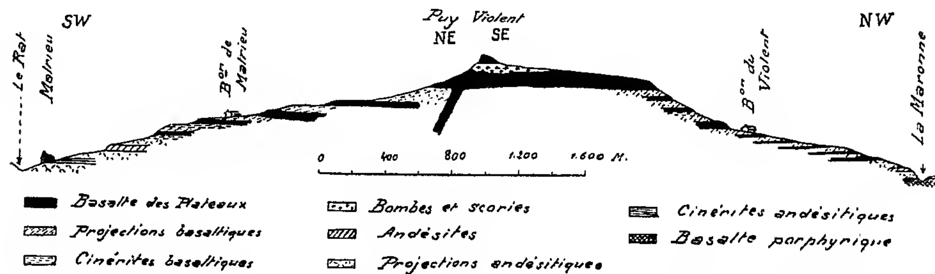
direction que la rangée [010] du mica. Les paramètres qui coïncident dans cet accolement ont pour valeurs 5,15 Å et 8,92 Å pour le mica et 4,71 Å et 9,17 Å pour $PbBr^2$.

Ces essais portent à 27 le nombre de sels différents qui donnent au laboratoire un dépôt orienté sur le mica.

GÉOLOGIE. — *Données nouvelles sur la constitution du Puy Violent, volcan autonome du Cantal.* Note de M[lle] **Yvonne Boisse de Black**.

M. P. Marty et moi (¹) avions déjà émis l'opinion que le Puy Violent était un volcan autonome du massif du Cantal. Ces données succinctes peuvent être complétées et précisées à la suite des courses que j'ai faites cet été sur les pentes de ce sommet.

En montant de Malrieu au Puy Violent, on traverse successivement : 1° des projections andésitiques; 2° un niveau de brèche fine blanchâtre indiquée sur la première édition de la carte géologique d'Aurillac au 80000ᵉ en niveau de cinérites; 3° une coulée d'andésite porphyrique qui forme au flanc de la vallée un ressaut continu; 4° enfin, une masse importante de projections de cinérites et de coulées basaltiques dont j'ai donné le détail sur la coupe ci-dessous. Le dernier niveau de projections, composé presque uniquement de bombes et de scories, forme un anneau continu sous le couronnement basaltique du sommet; il est traversé d'un dyke en direction NNE-SSW, qui s'épanouit en prismes presque verticaux, dont la crête à arête aiguë se profile sur le ciel en mur du diable et tombe à pic sur la vallée du Rat.



Sur le flanc nord du Puy Violent, du sommet à la Maronne, j'ai compté une dizaine de coulées basaltiques, séparées par des niveaux de brêches et de cinérites de même nature, auxquelles succèdent dans le bas des projec-

(¹) *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 1004.

tions andésitiques, séparées en trois niveaux par une coulée d'andésite et une coulée de basalte porphyrique; cette dernière affleure dans le lit du ruisseau sous les Maronnies.

Mais en descendant vers Saint-Paul-de-Salers, la brèche andésitique est encore traversée par une épaisse coulée de basalte porphyrique qui donne la cascade du Couderc et qui perce les éboulis de brèche, çà et là, sur les flancs droit et gauche de la Maronne, notamment sous le village de Vieilmur.

La roche du sommet du Puy Violent est un basanitoïde à structure doléritique; elle contient en abondance au premier temps : de l'olivine, de l'analcime, de la biotite et quelques rares phénocristaux de labrador. Les microlithes sont de l'andésine à 42 pour 100 d'anorthite. Un échantillon provenant de la coulée du buron de Malrieu est identique sous le microscope; mais la deuxième coulée sous le buron du Violent est un peu différente; c'est un vrai basalte à éléments colorés abondants, au premier temps, augite et olivine accompagnées de phénocristaux de labrador; les microlithes sont du labrador à 50 pour 100 d'anorthite.

Le versant droit de la Maronne, entre Salers et le col de Néronne, montre aussi de multiples alternances de brèches et de coulées; ces dernières sont composées de basalte. Au-dessus du Fau, par exemple, on ne compte pas moins de sept coulées basaltiques avec intercalations de projections. Ces coulées s'amincissent vers Salers et s'épaississent vers l'amont. La plupart de ces formations proviennent du Puy Violent; mais d'autres petits points de sortie, greffés au flanc de ce sommet, ont dû mêler leur laves à celles provenant du volcan principal, dont la majeure partie s'est épanchée vers l'Ouest, en donnant la Planèze de Salers. Les bombes, scories et projections de l'un de ces points de sortie affleurent sur le bord de la route de Salers, à Néronne, entre la cote 1317 et le buron de Gourd.

Si l'on considère que le basalte porphyrique du Couderc est à environ 890^{m} et que le sommet du Puy Violent est à près de 1600^{m}, on peut évaluer à 700^{m} l'épaisseur des formations volcaniques émises dans cette région entre l'Astien et la fin de l'émission du « basalte des plateaux », dont la grande masse, dans le Cantal, date du Quarternaire ancien (Sicilien de Ch. Depéret pour les niveaux de la Méditerranée).

En effet, de récentes études paléobotaniques ([1]) ont démontré que le basalte porphyrique forme approximativement, dans le Cantal, la limite entre le Plaisancien et l'Astien.

Il n'est pas possible d'affirmer que la totalité des coulées comprises entre

([1]) L. Laurent et P. Marty, *Ann. du Musée d'Hist. nat. de Marseille*, **21**, 1927.

le Rat et la Maronne proviennent du seul Puy Violent; le basalte porphyrique et la coulée d'andésite sont probablement issus d'évents situés plus à l'Est; seules les coulées de basaltes et de basanitoïdes et leurs projections ont sûrement été émises par ce volcan.

Ces observations confirment donc pleinement l'autonomie de cet évent volcanique, seulement indiquée dans les Notes antérieures, et l'activité considérable de certains centres volcaniques dans le Cantal depuis l'Astien.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence de Solénopores et de Spongiomorphides dans le Lias du Maroc.* Note de MM. **G. Dubar** et **D. Le Maitre**, transmise par M. Ch. Barrois.

Nous signalons ici la découverte d'Algues, du groupe des Solénopores principalement, et de Polypiers appartenant à la famille des Spongiomorphides, dans les calcaires du Lias inférieur et du Lias moyen du Maroc. Jusqu'à présent, ces organismes n'ont jamais été signalés dans le Lias.

Stratigraphie (G. Dubar). — Les calcaires à Algues et à Spongiomorphides ont été trouvés en une série de points qui s'échelonnent au bord oriental de la Meseta marocaine, passent le Haut Atlas au sud-est de Marrakech et jalonnent le bord nord du continent paléozoïque saharien dans le Haut Atlas oriental. D'autres gisements sont dispersés le long de la Haute et moyenne Moulouya entre les deux fosses du Moyen Atlas oriental et du Haut Atlas. Le Lias inférieur (Lotharingien probable) n'a fourni de ces organismes que près de Telouet (Haut Atlas de Marrakech) et de Bou Anane, près de Bou Denib. Je rapporte au Pliensbachien les faunes plus riches d'Ain-Kahla, Tisfoula (causse préatlasique) et de Tiourza (Haut Atlas près de Telouet).

Le Domérien inférieur et supérieur contiennent tous ces organismes dans le Prérif (Djebel Kefs), le Causse préatlasique (environs de Dj. Hebbri), le Moyen Atlas (Dj. Tistadine, Dj. Tichoukt) et sa bordure sud-est le long de la Moulouya (sud du Tizi n'Tagnzeft, Tijam, Dj. Tafgourt, Tizi n' Nassa).

Le bord nord du Haut Atlas de Midelt en a fourni à Tizi Taka près Tounfit, à Jaffar, Tizi Toufliouado, Tizi n' Tstift; le bord sud à Amzoudj près Ksar es Souk, à Beni Tadjit et à Bou Anane.

Au nord du Maroc, le rocher liasique de Gibraltar qui a tant d'analogies avec le Lias du Moyen Atlas m'a livré des organismes semblables.

En résumé, Algues et Stromatomorphides se sont développés dans les calcaires de la zone néritique du Lias inférieur, du Pliensbachien, et surtout du Domérien.

Paléontologie (D. Le Maître). — Les *Spongiomorphides* se présentent en nodules demi-sphériques, en colonies lamellaires ou en forme de champignons. Leur taille varie de quelques millimètres jusqu'à 16×7^{cm}. Les colonies massives présentent sur la tranche une texture stratiforme comme celles de Stromatoporoïdes ou de *Chaetetes*. Mais leur structure, étudiée en lames minces, ne laisse point place à confusion. Les Spongiomorphides ne présentent pas d'astrorhizes mais, parfois, des pseudo-calices à 6 ou à 5-7 septa.

J'ai retrouvé dans le Lias marocain tous les genres décrits dans le Trias supérieur par Frech et par Smith [1] : *Spongiomorpha*, *Heptastylopsis*, *Heptastylis* et *Stromatomorpha*. Il y a un certain nombre d'espèces déjà connues, d'autres sont nouvelles; la description en sera faite ailleurs.

Les Algues forment de très petits modules, distincts du reste de la roche par leur couleur brune et par le grain plus fin. Le genre *Solenopora* est de beaucoup le plus abondant. L'espèce, commune dans le Domérien, présente des affinités étroites avec *Solenopora jurassica*.

D'autres Algues sont des Schizophycées. De celles-ci, les unes semblent appartenir par la forme et le calibre des tubes, et par leurs divisions dichotomiques, au groupe de *Ortonella* décrit par Garwood dans le Carbonifère; les autres sont semblables aux *Mitcheldeania* du Carbonifère, ayant comme elle deux sortes de tubes dont une à calibre extrêmement fin.

Les *Spongiomorphides*, qui étaient connus seulement au Trias supérieur dans les Alpes orientales et aux États-Unis, et dans le Jurassique supérieur au Japon, forment l'un des éléments communément représentés dans les calcaires construits du Lias inférieur et moyen du Maroc. De même en est-il du genre *Solenopora* jusqu'alors connu seulement du Silurien au Carbonifère, puis, dans le Secondaire, du Bathonien au Portlandien.

Ces découvertes nouvelles viennent donc combler d'importantes lacunes dans la connaisance de l'extension verticale de ces deux séries d'organismes.

---

(1) Frech, *Die Korallenfauna der Trias* (*Palaeontographica*, **37**, 1890, p. 68); Smith, *U. S. geol. Survey. Prof. Paper*, **141**, 1927, p. 132.

CLIMATOLOGIE. — *Sur l'utilisation des observations du niveau moyen des mers en vue de la recherche des cycles climatériques.* Note (¹) de M. **Jean Legrand**, présentée par M. Georges Perrier.

J'ai montré précédemment (²) le parallélisme des courbes des ordonnées moyennes du Nil à Wadi Halfa, du Niger à Koulikoro et du Mékong à Stung-Streng et suggéré qu'une même cause déterminait l'importance des précipitations dans leurs bassins d'alimentation; à titre de vérification j'ai eu recours aux statistiques des précipitations de Dakar, Pnom-Penh recoupé par Saïgon et aussi, pour l'hémisphère Sud, des pluies de Nossi-Bé et du Sambirano à la côte nord-ouest de Madagascar. Les graphiques comparatifs ont paru, en 1928 (³).

J'en ai conclu que dans une zone s'étendant en longitude sur plus de 120° soit plus du tiers du tour de la Terre, des influences climatériques communes se faisaient sentir entre les tropiques et que les séries d'observations les plus anciennes (échelles du Nil et pluviomètre de Dakar) permettraient un jour de rechercher utilement des lois de récurrence.

Au cours de la séance du 27 mai 1929, MM. Ch. Lallemand et Prévot ont présenté une courbe des oscillations du niveau moyen de la mer sur le littoral français depuis 1851. Cette courbe a été prolongée jusqu'en 1933 et je tiens de M. Prévot qu'elle utilise les enregistrements marégraphiques sans aucune retouche et notamment sans correction barométrique.

J'ai supposé que le volume des mers n'était pas nécessairement constant comme on l'admet implicitement lorsqu'on cherche dans de petits mouvements de l'écorce terrestre l'explication de ces oscillations.

En effet, il semble peu probable que chaque année de calendrier réalise exactement l'équilibre entre les prélèvements par évaporation ou échouage de glaçons, et les apports (pluie sur la mer, fusion des glaces d'origine terrestre, tribut des cours d'eau).

J'ai donc songé à rapprocher la courbe Lallemand-Prévot de mes tracés comparatifs. J'ai constaté un parallélisme satisfaisant entre 1907 et 1933.

Mais entre 1897 et 1907, sauf peut-être en ce qui concerne les pluies de Dakar, le sens des oscillations du niveau moyen est en opposition de phase avec

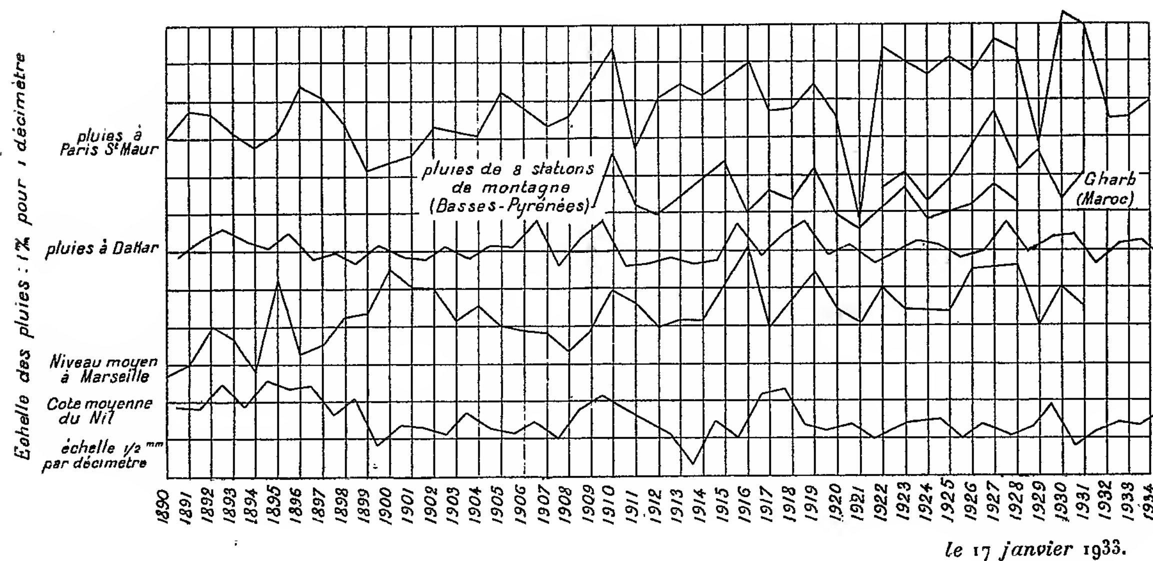
(¹) Séance du 28 janvier 1935.

(²) *Comptes rendus* **182**, 1926, p. 1286, et **195**, 1932, p. 813.

(³) *La Météorologie*, nouvelle série, n° 41, août 1928, p. 346.

l'importance des précipitations de la zone tropicale susvisée. Je ne suis pas en mesure actuellement d'expliquer cette opposition qui tient peut-être au débit des fleuves reçus par la mer Noire et à une prédominance du type de climat continental sur les influences océaniques.

Pour les 27 années suivantes où les phénomènes évoluent parallèlement, on constate des déphasages. Les minima marins de 1908, 1914, 1920-1921, 1929, 1931-1932 apparaissent un an plus tôt à Dakar (calendrier). Les pluies de Dakar se terminant en octobre, si le niveau à Marseille dépend des



le 17 janvier 1933.

pluies d'hiver (ou de la pression barométrique moyenne d'hiver) la différence de phase se trouverait réduite. Elle demeurerait plus importante pour le Nil qui commence à grossir avant qu'il pleuve à Dakar.

La même différence apparaît encore plus nettement pour les maxima marins de 1910, 1916, 1919, 1922, 1926-1928, 1930.

Les phases à la côte nord-ouest de Madagascar semblent tantôt en avance; tantôt en retard. Les pluies commencent en novembre pour se terminer en mars et ont été repérées sur les tracés à la fin de l'année où elles débutent.

Ces constatations m'ont amené à me référer à des postes pluviométriques de la zone tempérée échelonnés entre les longitudes de Dakar et de Marseille.

J'ai utilisé le relevé des pluies de la plaine Atlantique du Maroc (Gharb)

de 1922 à 1932 (¹), la moyenne des pluies de huit stations de montagne dans les Basses-Pyrénées (²) et enfin les chiffres du Parc Saint-Maur près Paris depuis 1890 dus à l'obligeance de M. Wehrlé, directeur de l'O. N. M.

Comme le montre le graphique ci-contre l'accord entre ces références et la courbe Lallemand Prévot est satisfaisant, sauf l'exception 1897-1907 qui persiste, avec opposition nette de phases.

Il n'y a généralement pas de différence de phase entre le Parc Saint-Maur et le niveau moyen de la mer sur le littoral français.

Il semble résulter de ces comparaisons une large généralisation de la notion d'une cause commune aux précipitations d'origine Atlantique, la mer se comportant comme un vaste pluviomètre sur le littoral français (³).

Cette cause paraît soumise à des variations périodiques et la plus longue série d'observations dont on dispose étant celle du niveau moyen à Brest et à Marseille devient utilisable pour la recherche des cycles climatiques. MM. Ch. Lallemand et Prévot ont déjà mis en évidence un cycle qui doit se confondre avec celui de Bruckner.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'évolution et la signification des appareils nucléolaires dans la caryocinèse somatique de quelques Angiospermes.* Note (⁴) de M. **Pierre Gavaudan**, Mme **Noélie Gavaudan** et M. **Marcel Pelletier**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

L'évolution et le rôle du nucléole dans la caryocinèse somatique des Angiospermes sont parmi les questions les plus discutées de la caryologie. Les résultats nouveaux consignés dans cette Note ont été obtenus sur les méristèmes radiculaires de *Phaseolus vulgaris* et *Æsculus hippocastanum* fixés principalement par les liquides de Bouin-Hollande et de Helly.

L'un de nous a montré récemment avec Yu-Chih-Chen (⁵) que confor-

---

(¹) *La Météorologie*, nouvelle série, n° 115, octobre 1932, p. 496.

(²) *La Météorologie*, nouvelle série, nos 49 à 51, avril-juin 1929, p. 199.

(³) Cette conclusion contredit l'opinion exprimée par M. A. Souleyres dans son livre *Oscillations océaniques et oscillations climatiques*, où il admet que les oscillations accusées à Marseille par le Médimarémètre Lallemand n'ont pas de causes météorologiques.

(⁴) Séance du 4 février 1935.

(⁵) Pierre Gavaudan et Yu-Chih Chen, *Communication à la Soc. Bot. de Fr.*, séance du 11 janvier 1935 (à l'impression).

mément aux recherches déjà anciennes de Wager ([1]) le nucléole de *Phaseolus* prenait une certaine part à la formation des chromosomes à la prométaphase. En outre ces auteurs ont indiqué que le corps annexe du nucléole, nommé par eux micronucléole, était un organite de présence constante et se portant assez régulièrement à un des pôles de la figure cinétique. Ils n'ont pas conclu fermement dans ce travail quant à la signification et à la destinée de ce micronucléole.

Comme dans *P. vulgaris*, le nucléole d'*Æ. hippocastanum* devient amoeboïde à la prophase, sa substance devient plus fluide, cependant que les chromosomes s'y accolent à la prométaphase : à ce dernier stade les méthodes de colorations polychromes indiquent l'existence de contacts étroits entre chromosomes et nucléoles pouvant aller jusqu'aux échanges de matière. Après coloration à la fuchsine acide et à l'azur II de méthylène par exemple, on observe des mélanges de teintes dans les nucléoles et les chromosomes dont les colorations pures respectives de métaphase sont le rouge et le bleu. Notons aussi qu'à la télophase, on constate très souvent la coexistence des deux teintes dans les deux chromatines nucléolaires et chromosomique qui sont morphologiquement dépendantes l'une de l'autre. Les images observées sont en tous points semblables à celles obtenues chez *Scandix pecten veneris* et *Pastinaca sativa* par J. Doutreligne ([2]) au moyen de la technique Helly Schaede. De plus les chromosomes métaphasiques, surtout après fixation au Helly suivie de coloration à l'hématoxyline ferrique, apparaissent comme plus ou moins englués dans la substance nucléolaire étalée sur la plaque équatoriale. C'est un phénomène analogue qui a été décrit par Gavaudan et Yu Chih Chen chez *Phaseolus* et sans doute aussi chez *Lupinus* par R. de Litardière ([3]).

La dissociation dicentrique du nucléole, parfois accompagné de résidus de l'enchylème nucléaire persistant sous forme d'une auréole incolore, n'est souvent pas symétrique : le nucléole peut émigrer en entier vers un des pôles ou se scinder en deux parties très inégales. Dans quelques cas plus rares le nucléole disparaît en se pulvérisant en un grand nombre de sphérules chromatiques extruses dans le cytoplasme. Il peut aussi parfois perdre précocement sa chromophilie à la métaphase au moment de sa division. Le micronucléole paraît dériver du nucléole principal ou macronu-

([1]) H. WAGER, *Ann. of Botany*, 18, 1904, p. 29-55.

([2]) J. DOUTRELIGNE, *La Cellule*, 42, fasc. I, 1933, p. 31-100.

([3]) R. DE LITARDIÈRE, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 341.

cléole, bien que nous n'ayons pas assisté au bourgeonnement proprement dit; il en possède les mêmes affinités chromatiques, d'ailleurs différentes de celles des chromosomes. Cependant sa résistance à la différenciation après l'hématoxyline est plus grande et il est généralement visible à la métaphase alors qu'on perd souvent trace du macronucléole à ce stade. Il y a donc une certaine différence entre les deux organites. Généralement le micronucléole s'échappe de la région fusoriale par un des pôles et évolue indépendamment du macronucléole. Depuis l'interphase, on le suit à travers tous les stades de la cinèse, de la prophase à la télophase : il ne se divise pas, diminue souvent de volume et ne nous a jamais paru se réincorporer à un des noyaux fils. Sa conduite est passive au cours de la division: il ne semble pas qu'il organise ou oriente la figure achromatique.

En résumé nous admettons fort bien que le nucléole, après avoir contribué à la maturation des chromosomes, puisse se répartir entre les noyaux fils par une division plus ou moins équationnelle, soit dissous dans la substance fusioriale, soit sous forme figurée selon les cas. Mais on ne perdra pas de vue que, comme l'a pressenti Wager en 1904 et soutenu Lenoir en 1926 (¹), les chromosomes contribuent à la reconstitution des nucléoles et que, d'autre part, le micronucléole et accessoirement des sphères polaires nucléolaires sont expulsés dans le cytoplasme.

Le phénomène de division nucléolaire, sans doute fréquent dans de nombreuses familles d'Angiospermes, n'est pas constant dans toutes les divisions. Nous y voyons une fluctuation du processus mitotique rappelant l'haplomitose ancestrale. Dans le même ordre d'idées on pourrait, en guise d'hypothèse de travail, interpréter le micronucléole soit comme un centrosome interne de mésomitose atrophié, non fonctionnel et ne se divisant plus, soit comme un vestige de blépharoplaste ou de centronéma. L'extrusion de cet organite pourrait être également rapportée à l'expulsion périodique à chaque division d'un matériel trophique [Mottier (²)] nécessaire au métabolisme cytoplasmique.

(¹) M. Lenoir, *Arch. de Morph. gén. et exp.*, 26, 1926, p. 1-200.
(²) D. M. Mottier, *Ann. of Botany*, 28, 1914, p. 115-133.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude biochimique de la fleur. La nutrition minérale de la corolle.* Note [1] de M. **Raoul Combes**, présentée par M. M. Molliard.

Serge Ivanov [2], après avoir fait remarquer combien sont réduites nos connaissances sur la physiologie de la corolle, exposait une série de résultats relatifs aux variations que subit la teneur des pétales en matières minérales entre le moment où la corolle s'épanouit et celui où elle se flétrit. Il exprimait ces résultats en quantités de minéraux contenues dans 100^g de substance sèche de pétales, et constatait que le tissu des organes fanés était plus riche en minéraux que celui des organes frais récoltés quelques heures après l'épanouissement. Il en concluait qu'à la fin de sa vie la corolle était le siège d'une accumulation de matières minérales et, pour expliquer cette accumulation, il émettait l'hypothèse de l'existence dans les pétales épanouis d'un courant de sève très rapide déterminé par une transpiration intense.

Il m'a paru utile de reprendre la question, espérant trouver dans la corolle un chimisme particulier en rapport avec la différenciation morphologique de cet organe.

J'ai examiné les fleurs de plusieurs espèces; j'indiquerai ici les résultats relatifs aux corolles de *Lilium croceum*. Les quantités de matières minérales contenues dans les pétales ont été déterminées par incinération. J'ai opéré chaque fois sur 10 corolles, par conséquent sur 30 pétales. Ces déterminations ont porté sur des corolles récoltées à 7 stades successifs de la vie de la fleur; le premier stade correspond à de jeunes boutons de $2^{cm},5$ de longueur, le cinquième (13 jours après le premier) à celui de l'épanouissement, et le septième (17 jours après le premier) à celui où les pétales sont nettement flétris. J'ai exprimé les résultats obtenus en rapportant, comme l'a fait Ivanov, les quantités de minéraux trouvées à 100^g de substance sèche de pétale (courbe de la figure 1); mais je les ai en outre exprimés (courbe de la figure 2) en quantités de minéraux contenues dans un nombre déterminé de corolles (10 corolles). Dans les courbes, les temps sont exprimés en nombre de jours écoulés depuis le premier stade.

---

(1) Séance du 4 février 1935.

(2) *Ber. Deutschen Bot. Gesellschaft*, 45, 1927, p. 582.

Les résultats que résume la première courbe sont en accord avec ceux obtenus par Ivanov; entre le stade de l'épanouissement (13e jour) et celui où les pétales sont flétris (17e jour), les tissus de la corolle s'enrichissent en matières minérales. Cependant mes conclusions relatives aux phénomènes qui se produisent alors dans les pétales seront exactement l'inverse de celles de cet auteur.

Le mode d'expression des résultats qui consiste à indiquer les quantités

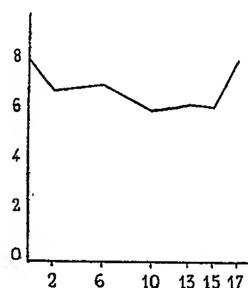


Fig. 1. — Courbe de variation des quantités de matières minérales contenues dans 100g de substance sèche de corolles.

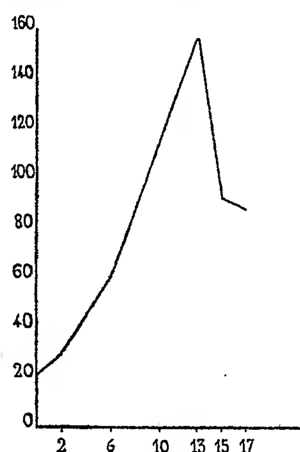


Fig. 2. — Courbe de variation des quantités de matières minérales contenues dans 10 corolles.

de minéraux contenues à chaque stade dans un nombre constant de corolles (*fig.* 2) et qui seul traduit le mouvement réel de ces substances, les gains ou les pertes subis par les corolles au cours de leur développement, permet de constater que les pétales reçoivent des matières minérales d'une façon continue jusqu'au stade de l'épanouissement, mais qu'à partir de ce stade, contrairement aux conclusions de S. Ivanov, ils en perdent des quantités appréciables. Si le tissu de la corolle s'enrichit alors en minéraux, c'est qu'il perd sa matière organique plus vite encore qu'il ne perd sa matière minérale; entre le 5e stade (épanouissement) et le 7e stade (corolle flétrie) 10 corolles, contenant 2g,305 de matières organiques et 0g,156 de minéraux, perdent 1g,320 des premières (57,26 pour 100) et 0,069 des seconds (44,23 pour 100).

D'autre part, l'étude comparée de la corolle et de la feuille montre que la corolle est moins minéralisée (6,33 pour 100 de minéraux à l'épanouissement) que la feuille (11,92 dans la feuille adulte).

Ces conclusions, en contradiction avec celles d'Ivanov et avec son hypothèse attribuant à la corolle une transpiration particulièrement active, sont par contre en complet accord avec les faits établis par G. Curtel en 1898 et démontrant que la corolle a une transpiration moindre que celle de la feuille.

Le mouvement des minéraux apparaît très comparable chez les feuilles et chez les pétales. Dans les deux cas il y a d'abord migration vers ces organes, puis changement de sens et migration dans la direction opposée. Ce qui distingue surtout les pétales c'est la rapidité avec laquelle se fait le changement de sens; il suffit de deux jours pour que la migration s'y trouve inversée.

GÉNÉTIQUE. — *Synthèse expérimentale des* Iris intermédiaires. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. L. Blaringhem.

Les horticulteurs ont appelé *Iris intermédiaires* une race d'*Iris* rhizomateux, de la section *Pogoniris*, d'origine hybride inconnue, obtenue par J. Caparne, en 1902, puis par Goos et Kœneman, en 1908. On les a ainsi nommés parce que leur floraison se produit entre celle des Iris nains très hâtifs (*I. pumila* Hort. = *I. chamæiris* Bert. var. Hort.) et celle des Iris des Jardins (*I. germanica* Hort), comblant un intervalle d'une quinzaine de jours qui se produit entre les floraisons de ces deux groupes d'*Iris*.

Morphologiquement, ces *Iris* sont un curieux compromis entre ceux dont ils sont précisément intermédiaires par leur époque de floraison.

Caryologiquement, nous avons montré [1] qu'ils sont également intermédiaires entre ces mêmes groupes de plantes : les six variétés étudiées sont à $2n = 44$ et, les nombres chromosomiques observés chez les *Pogoniris* étant $n = 8$, 12, 16, 20 et 24, ce nombre diploïde de chromosomes ne peut correspondre qu'à la combinaison de plantes à $n = 20$ (*I. chamæiris*) et à $n = 24$ (*I. macrantha*), c'est-à-dire de celles dont elles occupent un juste milieu aux points de vue biologique et morphologique. La méiose des *Iris intermédiaires* est irrégulière comme l'est généralement celle des hybrides réalisés entre plantes à nombres chromosomiques différents : il existe 16 chromosomes bivalents et 12 éléments univalents ($16_{II} + 12_{I}$) à la métaphase hétérotypique. A maturité, le pollen est partiellement dégénéré, ne

(1) *Bull. biologique*. 66, 1932, p. 255-444.

renfermant que 50 pour 100 de grains de bonne qualité. Ces *Iris* sont stériles.

Ayant des indications aussi précieuses que précises, nous avons tenté la réalisation synthétique des *Iris intermédiaires*. Dès 1931, nous avons croisé entre elles différentes formes horticoles d'*Iris chamæiris* et d'*I. macrantha*. Pour ce faire, nous avons dû hâter, en serre tempérée, la floraison tardive de l'*I. macrantha*. Ces hybridations furent suivies de succès, et nous avons montré (¹) que ces nouveaux hybrides ont exactement la même garniture chromosomique que celle des *Iris intermédiaires*, c'est-à-dire $2n = 44$ ($n = 20 + n = 24 : 2n = 44$).

Ces hybrides ont fleuri pour la première fois en mai 1934. En étudiant leur réduction chromatique, nous avons trouvé les mêmes caractéristiques que celles signalées chez les *Iris intermédiaires* : à la métaphase hétérotypique, nous avons noté 16 chromosomes bivalents et 12 éléments monovalents ($16_{II} + 12_{I}$). Il résulte de ces aberrations caryologiques que le pollen est partiellement dégénéré, ne contenant que 50 pour 100 de grains bien conformés. D'après nos premiers essais, ces plantes sont stériles.

Morphologiquement, ces hybrides sont intermédiaires entre les espèces parentes. On sait que les *Iris nains* (*I. chamæiris*) ont des inflorescences uniflores, non ramifiées, dont les fleurs, petites, s'épanouissent fin avril-début mai; les *I. macrantha* ont des inflorescences pluriflores, ramifiées, dont les fleurs, très grandes, s'épanouissent dans la deuxième quinzaine de mai. Les hybrides obtenus, comme les *Iris intermédiaires*, ont des inflorescences pluriflores, ramifiées, dont les fleurs, assez grandes, s'épanouissent dans la première quinzaine de mai. En croisant des types à fleurs jaunes et à fleurs violettes de l'*I. chamæiris*, avec les fleurs bleues de l'*I. macrantha*, nous avons obtenu uniformément, avec les premiers, des fleurs blanc crême; avec les seconds, des fleurs violettes.

Nos hybrides sont absolument semblables à certaines variétés des *Iris intermédiaires* : les formes à fleurs blanches apparues ressemblent entièrement aux variétés *Ivorine* (J.C aparne) et *Ingeborg* (Goos et Kœneman), les formes à fleurs violettes aux variétés *Alphonse* et *Dauphin* (J. Caparne).

Ces résultats montrent que la synthèse morphologique et caryologique des *Iris intermédiaires* a été réalisée; ceux-ci résultant donc du croisement *I. chamæiris* × *I. macrantha* (et inverse). Nous trouvons encore un argument favorable à cette thèse, et par la date d'introduction des *Iris des*

(¹) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 10ᵉ série, **16**, 1934, p. 229-383.

Jardins à grandes fleurs, laquelle remonte aux deux dernières décades du XIXe siècle, et par l'époque d'apparition des *Iris intermédiaires* survenue aussitôt après, tout au début du XXe siècle. Il est vraisemblable que J. Caparne, le premier obtenteur, a dû faire des croisements en utilisant immédiatement ces nouvelles introductions particulièrement méritantes au point de vue horticole.

Ces résultats n'ont pu être obtenus avec autant de précision que par la possibilité que nous avons eue de pouvoir faire l'analyse caryologique des *Iris intermédiaires*, laquelle a montré la nature hybride de ces plantes (étude de la méiose) et indiqué les parentés probables (études des mitoses somatiques). Les hybrides réalisés, comme nous l'a montré une nouvelle analyse caryologique, sont semblables mitotiquement et méiotiquement aux *Iris intermédiaires*, ce qui confirme, d'une manière heureuse, les observations morphologiques faites simultanément.

Les résultats de ces recherches montrent de quelle utilité sont les analyses caryologiques successives qui doivent aujourd'hui accompagner toute étude génétique rigoureuse.

ZOOLOGIE. — *Le canal pneumatique et la vessie natatoire des Poissons physostomes.* Note de M. **Joseph Meierhans**, présentée par M. M. Caullery.

Les recherches classiques de Moreau, de Charbonnel-Salle et de Guyénot ont établi que la vessie natatoire des Poissons répond passivement aux variations de la pression extérieure. Anesthésié ou immobilisé dans une cage grillagée, l'animal se comporte comme un ludion, s'élevant ou s'abaissant dans l'eau selon que la pression externe diminue ou augmente. Chez les Physostomes, lorsque la pression s'abaisse, l'organe tend à se dilater : la pression du gaz à son intérieur s'accroît, ainsi qu'en témoignent directement les inscriptions graphiques. Toutefois, le canal pneumatique, fonctionnant à la façon d'une soupape de sûreté, laisse échapper peu à peu des bulles de gaz et remet ainsi l'animal en équilibre avec les nouvelles conditions de pression. Lorsque la perte de gaz a été importante, le Poisson, ramené dans des conditions normales, tombe au fond du récipient par suite de l'accroissement de sa densité. Chez les Physoclistes, où ce mécanisme régulateur fait défaut, une forte décompression entraîne une énorme dilatation de la vessie; celle-ci, repoussant devant elle le pharynx évaginé, fait

alors saillie par la bouche, ainsi que le fait a été maintes fois constaté par les pêcheurs et les océanographes.

Ces données ont été récemment niées de façon systématique par Rabaud et Verrier [1]. A en croire ces auteurs, le canal pneumatique ne servirait à rien, ne jouerait aucun rôle dans l'évacuation du trop-plein de la vessie natatoire. Sans doute, soumis à la décompression, les Poissons laissent échapper des bulles de gaz, mais celles-ci ne proviendraient pas du canal pneumatique. Elles diffuseraient par toute la surface du corps, s'échappant par la bouche au même titre que par la peau ou les nageoires. La preuve en serait que des Poissons physostomes, dont le canal pneumatique a été lié, se comporteraient exactement de la même manière que les Poissons normaux. Même l'extirpation de la vessie natatoire ne changerait rien au résultat.

Très surpris par ces affirmations mettant hors de cause un canal dont il est cependant facile de constater directement la perméabilité, j'ai entrepris des recherches sur la vessie natatoire, dans le but de vérifier les résultats annoncés par Rabaud et Verrier. La présente Note a trait au fonctionnement du canal pneumatique pendant la décompression.

1° *Dégagement de gaz pendant la décompression.* — Des Vengerons (*Leuciscus rutilus*) sont placés dans l'eau d'un cristallisoir profond, contenant un grillage qui empêche les animaux d'atteindre la surface. Le tout est mis dans une vaste cloche, où l'on établit *très lentement* une décompression graduelle. Un manomètre permet de noter à chaque instant la pression obtenue. Dès que la pression s'est abaissée de 6^{cm} à 9^{cm} de mercure, l'animal, qui lutte manifestement contre la dilatation qui tend à l'entraîner vers la surface, laisse échapper par la bouche une bulle de gaz. Pour sept animaux, ce premier dégagement s'est produit pour une décompression de 6^{cm}, $6^{cm},5$, 7^{cm}, 8^{cm}, 9^{cm} et 9^{cm}. Régulièrement, à mesure que la décompression augmente, les bulles se succèdent à la cadence de une bulle environ par centimètre ou demi-centimètre de dépression. Ainsi, un poisson avait émis par la bouche 24 grosses bulles entre 8^{cm} et 46^{cm} de décompression.

La même expérience, faite avec des *Carassius auratus*, a donné exactement le même résultat, avec cette différence que de faibles décompressions de $3^{cm},5$ à 5^{cm} suffisent pour entraîner l'échappement de la première bulle. Dans tous les cas, ainsi que l'avaient bien vu Moreau et Guyénot, après rétablissement de la pression atmosphérique, les animaux tombent au fond

(1) *Bull. biol. France-Belgique*, 68, 1934, p. 188-231.

du récipient. Je me suis assuré, par une autopsie immédiate, que la vessie était presque entièrement vidée, *ce qui ne laisse aucun doute sur l'origine du gaz dégagé*.

Sans doute, lorsque la décompression atteint environ 40^{cm}, les animaux commencent à se couvrir de fines bulles d'air. qui s'élèvent de temps à autre vers la surface. Mais cette extraction des gaz de la peau par le vide partiel n'a rien de commun avec l'échappement des grosses bulles qui sortent de la bouche à des décompressions infiniment plus faibles. J'ai vérifié qu'un corps quelconque, un morceau de bois par exemple, se couvre lui aussi de fines bulles, qui s'échappent lorsque la décompression atteint 40^{cm}.

J'ai modifié l'expérience de la façon suivante. Je soumets un *Leuciscus* à une décompression graduelle, jusqu'à ce qu'elle atteigne 62^{cm}. Le poisson a laissé échapper par la bouche une quarantaine de grosses bulles de gaz. Dès que l'on rend la pression normale, l'animal tombe au fond du récipient; les mouvements brusques des nageoires lui permettent encore de s'élancer vers la surface, mais il retombe aussitôt. Au bout de quelques minutes ou après un temps plus long, l'animal est soumis de nouveau à la décompression. A mesure que la pression baisse, il récupère l'aisance de ses mouvements, mais il ne laisse échapper aucune bulle de gaz par la bouche; la première se produit lorsque la dépression a atteint 60^{cm}, c'est-à-dire le niveau auquel on a arrêté l'expérience précédente.

2° *Ligature du canal pneumatique*. — Des *Leuciscus* ayant subi cette opération sont soumis à la décompression; celle-ci les entraîne vers la surface et les maintient collés contre le grillage qui les en sépare. Même à une décompression de 60^{cm}, *ils n'ont pas encore rendu une seule bulle par la bouche*, bien que la surface du corps se soit couverte de très fines bulles de gaz. Après retour de la pression normale, ils nagent avec aisance et ne sont nullement entraînés vers le fond.

Conclusions. — Lors d'une décompression, la vessie natatoire des poissons physostomes se vide par son canal pneumatique. La ligature de ce dernier supprime intégralement cette émission de gaz, ainsi que les conséquences qui en résultent pour la densité de l'animal.

ZOOLOGIE. — *Sur le système reproducteur femelle de la Pourpre* (Purpura lapillus *L.*). Note de Mme Julie Kostitzine, présentée par M. M. Caullery.

Quoique bien connu dans ses grandes lignes, l'appareil reproducteur femelle des Prosobranches Monotocardes marins n'a pas jusqu'à présent fait l'objet d'études approfondies. Du moins, on n'en trouve que des descriptions tout à fait sommaires.

Le système reproducteur femelle de la Pourpre (*Purpura lapillus* L.) est constitué par l'*ovaire*, glande impaire en grappe, occupant la face dorsale du tortillon (¹). Les acini ovariens convergent progressivement vers un canal vecteur commun, qui constitue la partie proximale de l'*oviducte*.

Ce canal comprend une mince membrane conjonctive, à cellules basophiles aplaties, à petits noyaux. Vers l'intérieur il est tapissé d'un épithélium cylindrique cilié, basophile également, qui joue éventuellement un rôle phagocytaire.

A l'époque de la régression qui suit la ponte, on peut voir, en effet, des fragments d'ovules, noyaux et plaquettes vitellines, à divers stades de désagrégation, englobés dans les cellules épithéliales. Cette partie proximale de l'oviducte longe le bord intérieur du tortillon, contourne le rein et chemine parallèlement au tube digestif, jusqu'à la naissance du manteau. Ici l'oviducte, dont le diamètre diminue sensiblement, forme un coude presque à angle droit et va confluer avec le canal excréteur d'une *glande annexe*, à laquelle je m'abstiendrai de donner une appellation, avant de connaître son rôle de façon précise. La glande annexe, colorée naturellement en jaune brun, est nettement visible à l'œil nu, par transparence, chez l'animal débarrassé de sa coquille; elle est située à droite du rectum, au voisinage immédiat et un peu au-dessous du rein, dont son épithélium épouse étroitement la paroi interne, dans la partie profonde. Elle n'existe que chez la femelle et, à ma connaissance, n'a pas été signalée jusqu'à présent, de sorte que, ni ses fonctions, ni sa structure n'ont été étudiées.

Les coupes montrent des follicules disposés en éventail autour d'une lumière centrale commune, qui s'amincit progressivement, jusqu'à former

---

(¹) Voir Mme J. Kostitzine, *C. R. Soc. Biol.*, 115, 1934, p. 264-265.

un conduit confluant avec l'oviducte. Les follicules de la glande annexe sont tapissés d'un épithélium sécrétoire, à noyaux basilaires, bourré de granulations jaune brun, réfractaires aux colorants usuels. Des amas de ces granulations se retrouvent également dans la lumière de la glande. J'ai pu observer, englobées dans les cellules pariétales, des plaquettes vitellines éosinophiles, dont le rouge tranche nettement sur le jaune de la matière sécrétée. L'aspect de celle-ci rappelle d'assez près la sécrétion jaune brun, provenant du remaniement des éléments génitaux résorbés, amassée dans les cellules folliculaires de l'ovaire.

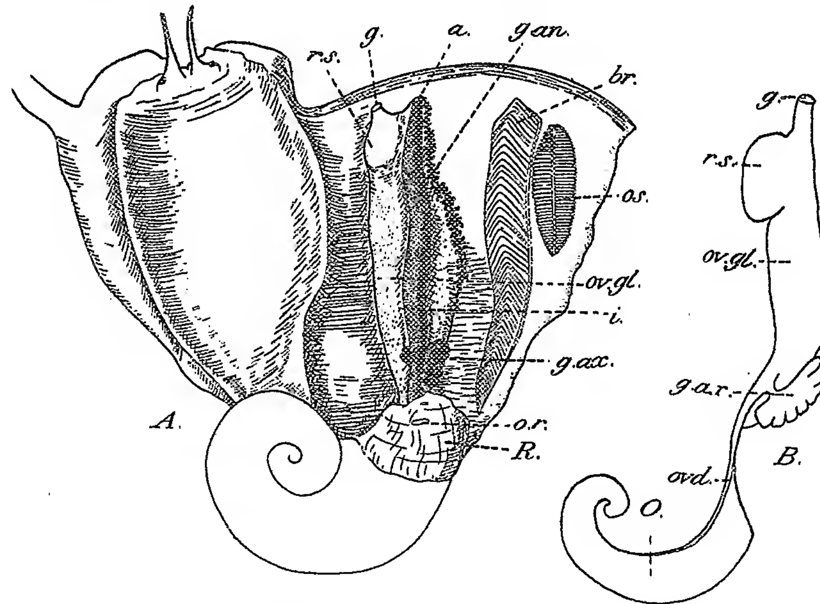


Fig. A. — *Purpura lapillus*; le manteau, fendu le long du siphon palléal, est rejeté à droite. La couche glandulaire tapissant la voûte palléale a été balayée avec un pinceau, de façon à mettre à nu les organes étudiés. — *r. s.*. réceptacle séminal; *g*, orifice génital; *a*, anus; *g. an.*, glande anale; *br*, branchie; *os*, osphradie; *ov. gl.*, portion glandulaire de l'oviducte; *i*, rectum; *g. ax.*, glande annexe; *o. r.*, orifice rénal; *R*, rein; *O*, ovaire; *ovd*, oviducte (Fig. orig.).
Fig. B. — Vue schématique du système reproducteur du même animal. Mêmes lettres (Fig. orig.).

L'oviducte se continue ensuite par une *région glandulaire*, localisée dans l'épaisseur de la voûte palléale. De structure grumeuse très particulière, elle présente de très fortes variations d'aspect, selon la période du cycle sexuel qu'on envisage. Après la ponte, elle est rétrécie et comme vidée; la lumière est vaste, les parois affaissées présentent de nombreux replis. L'ensemble est basophile. Blanche, gonflée et turgescente pendant l'activité sexuelle, elle montre, en coupes, une zone éosinophile décélant une

sécrétion intense. Les parois épaissies réduisent la lumière du conduit à une étroite fente, bordée d'un épithélium cilié, par laquelle s'écoule un flux de granulations éosinophiles arrondies. Une sorte de vestibule, à plancher puissamment glandulaire, précède la partie terminale de l'oviducte, où débouche un *réceptacle séminal*, bombé, gorgé de sperme après l'accouplement. Il est formé par une bifurcation de l'oviducte.

La lumière contournée, à nombreux replis étoilés, possède deux orifices. L'orifice de sortie du sperme comprend un mécanisme valvulaire, qui permet semble-t-il au sperme d'être projeté au passage de l'œuf, grâce à un coude du conduit oviducal, coude où l'œuf, cheminant vers la sortie, vient faire pression. Après la ponte, il ne reste que quelques paquets de spermatozoïdes, par-ci par-là, dans les anfractuosités des replis intérieurs de la lumière. L'entrée du réceptacle séminal est une bifurcation de la partie terminale de l'oviducte.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'eau dense (oxyde de deutohydrogène) sur les animaux réviviscents.* Note de MM. **Lucien Plantefol** et **Georges Champetier**, présentée par M. G. Urbain.

Les germinations de pollen obtenues en présence d'eau dense ([1]) ont établi deux faits : l'eau dense est susceptible d'imbiber un protoplasme partiellement déshydraté et elle ne le désorganise pas; sa présence, à des concentrations même très élevées, n'empêche pas, au moins dans les cas favorables, la réalisation des phénomènes d'hydrolyse, de synthèse et d'organisation qui manifestent la vie du grain de pollen; il nous a donc semblé utile de contrôler sur d'autres sujets l'action biologique de l'eau dense présentée par divers auteurs sous des aspects beaucoup moins favorables.

Nous désirions opérer sur des êtres dont la teneur en eau soit aussi faible que possible au moment où on les introduit dans l'eau dense. Ainsi, l'équilibre auquel conduisent les échanges d'eau serait beaucoup plus rapidement atteint et la teneur en eau dense moins abaissée. Les animaux réviviscents des Mousses, Tardigrades et Rotifères, qu'on peut dessécher avant d'ajouter l'eau dense, constituaient donc un matériel de choix.

Les Tardigrades (*Macrobiotus Macronyx* Duj.), dont l'état de vie après

---

([1]) L. Plantefol et G. Champetier, *Comptes rendus*. 200, 1935, p. 423.

réimbibition dans l'eau distillée se manifeste par des mouvements environ 30 minutes après mouillage, fournissent des conditions de temps analogues en présence de 18 et 57 pour 100 d'eau dense. Le réveil se produit, mais est plus lent (1 heure et demie) avec 98 pour 100 d'eau dense. Ainsi, l'eau dense, *se prêtant aux phénomènes de reviviscence*, ne saurait-elle être considérée comme abiotique.

Cette conclusion ne doit pas être rejetée, lorsque l'on constate, en conservant les animaux en goutte pendante, qu'ils meurent après 36 heures dans l'eau dense à 98 pour 100, 3 jours à 57 pour 100, 5 jours à 18 pour 100 et dans l'eau distillée; car les conditions qui leur sont offertes dans ces préparations, sans nourriture, sans le substrat solide indispensable à leur marche, sont vraiment trop anormales.

Chez des Rotifères tels que *Rotifer vulgaris* Schr., *Philodina roseola* Ehrbg., la reviviscence a lieu en présence d'eau dense à 98 pour 100 comme en présence d'eau distillée. Mais les réactions de ces animaux, plus complexes que celles des Tardigrades, permettent une analyse intéressante.

Dans les cas les plus favorables, avec l'eau distillée, les Rotifères, rétractés pendant la dessiccation, se déploient et reprennent leur activité en 10 minutes environ. De telles *reviviscences rapides* se rencontrent avec 18 pour 100 d'eau dense, jamais avec 57 ou 98 pour 100.

On sait que, même dans l'eau distillée, la reviviscence peut se réaliser beaucoup plus lentement; le premier signe qui en apparaît est le *mouvement des cellules néphridiales* dont la flamme vibratile, immobile quand l'animal est desséché, reprend une ondulation caractéristique. Dans l'eau distillée, ce mouvement repart presque instantanément, si l'animal est susceptible d'un réveil rapide; il peut tarder jusqu'à une heure environ; passé ce temps, la reviviscence devient improbable. Les temps les plus courts qui aient été constatés sont 1 heure 15 minutes à 57 pour 100, 2 heures à 98 pour 100. Des animaux se sont réveillés, dont les cellules néphridiales ne manifestaient aucun mouvement 4 heures après mouillage (98 pour 100).

La *proportion des animaux revivifiés*, les *temps de survie* dépendent grandement des conditions de dessiccation, très malaisées à régler exactement semblables dans toutes les expériences. Les cinq animaux d'une même préparation, gardés à sec 3 jours ont survécu respectivement 7, 7, 9, 9 et 11 jours dans l'eau dense à 98 pour 100. Bien des préparations où les concentrations étaient moindres ou nulles ont donné des résultats moins bons.

Toutefois, si l'eau dense n'est pas abiotique, et si les animaux y demeurent en vie, les diverses concentrations utilisées ne constituent pas des milieux biologiques également normaux.

A 18 pour 100, les Rotifères ont bientôt recouvré un comportement normal : leurs disques rétractiles s'épanouissent et l'appareil rotateur fonctionne; les animaux nagent, pondent, les œufs éclosent.

A 57 pour 100, les périodes de nage et même de déploiement des disques rétractiles sont très courtes; si les animaux sont actifs à certains moments et pondent, ils demeurent partiellement contractés une partie du temps; les œufs n'éclosent pas.

A 98 pour 100, les Rotifères, en vie, demeurent presque constamment rétractés et ne s'essayent que pendant des temps courts à épanouir leurs appareils ciliés. Pas de ponte.

Ces résultats ne concordent pas avec ceux d'Harvey ([1]) pour qui *Philodina roseola* mourrait en 6 à 12 heures dans l'eau dense à 97 pour 100. Il transportait dans l'eau dense des animaux imbibés d'eau normale. Nous avons vérifié que ce mode opératoire, *un peu moins bien toléré que la reviviscence après dessiccation*, assurait, avec notre matériel, des survies allant jusqu'à 7 jours.

Enfin les Rotifères permettent de montrer que l'eau dense laisse intacte l'organisation protoplasmique : des animaux qui ont été imbibés d'eau dense peuvent être ensuite desséchés et l'imbibition ultérieure par l'eau normale est encore suivie de reviviscence.

Ainsi *l'eau dense n'est pas abiotique;* les différences physicochimiques qu'elle présente avec l'eau normale semblent troubler beaucoup moins les phénomènes d'*entretien* dont témoigne la vie des animaux reviviscents adultes, que les phénomènes de *croissance* mis en évidence dans la germination des pollens.

PROTISTOLOGIE. — *Observations cytologiques sur une nouvelle espèce d'*Haplosporidium *parasite du cœlome de* Nereis diversicolor *O. F. Müller.* Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. M. Caullery.

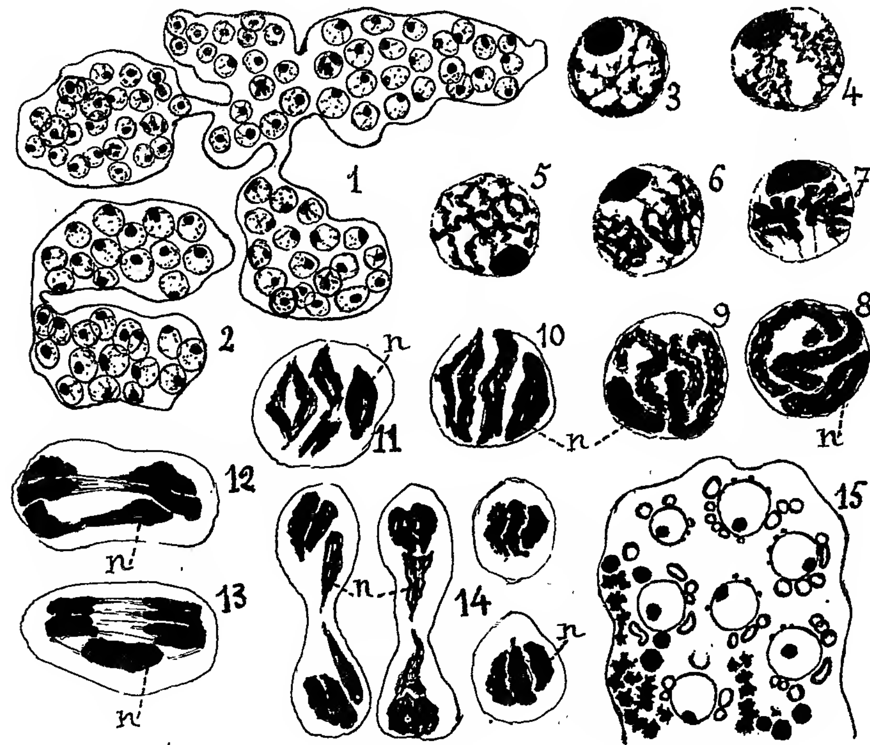
Le genre *Haplosporidium*, créé par Caullery et Mesnil (1899), désigne une catégorie de Protistes parasites d'Invertébrés assez divers (Polychètes,

---

([1]) *Biol. Bull.*, 66, 1934, p. 91.

Oligochètes, Némertes, Chitons). Pour Debaisieux, les Haplosporidies devraient être réunies aux Microsporidies, mais Léger et Duboscq, leur déniant une parenté réelle avec les Sporozoaires, pensent que leurs affinités sont du côté des Amœbiens et des Myxomycètes.

Nos observations proviennent surtout de coupes pratiquées sur différents fragments d'une femelle de *Nereis diversicolor*, longue de 10^{cm}, les uns ayant été fixés au Bouin alcoolique, les autres au mélange osmio-bichromaté, avec bichlorure de mercure et nitrate d'uranium de Benoit



(3 et 4 jours). Tous les segments de cet animal renfermaient des plasmodies aux mêmes stades de la multiplication plasmodiale, mais aucun aspect de la production des sporoblastes. Le nombre des mitoses était considérable et la plasmotomie très active (*fig.* 1 et 2).

Le noyau quiescent renferme toujours un nucléole bien évident, relativement volumineux, et un réseau chromatique assez pauvre (*fig.* 3), avec des épaississements croûtelleux à la surface interne de la membrane. Au début de la prophase, des filaments irréguliers naissent à leurs dépens, et,

de bonne heure (*fig.* 4, 5, 6), ils tendent à former deux amas complexes curieusement constitués. En se contractant, ceux-ci prennent la disposition de la figure 7 où les deux masses représentent chacune, ainsi que le montre la suite des observations, un seul chromosome dont les moitiés demeurent rattachées et sont pelotonnées dans un système unique. Dès ce moment, le nucléole grossit, devenant un volumineux bâtonnet qui épouse la courbure de la sphère nucléaire, car il gardera sa situation à la surface interne de la membrane (*fig.* 8). Les deux masses chromosomiques s'allongent ensuite en deux formations spirémateuses épaisses, alvéolisées, avec un contour bosselé, épineux, comme dans la figure 9. Ainsi que l'indiquent les dessins suivants, 10 et 11, ces anses, vers la fin de la prophase, se raccourcissent définitivement en accusant une fente longitudinale et le nucléole persiste toujours. Peut-être la figure 11 correspond-elle à un moment de la métaphase? cette partie de la mitose nous a échappé, et, malgré le nombre restreint des constituants nucléaires, le mode même de la division des chromosomes n'a pu être saisi. En 12 et 13, se trouvent reproduits deux aspects de l'anaphase : de chaque côté du plan équatorial les chromosomes fils sont au nombre de deux, et il en est de même dans les trois stades ultérieurs figurés en 14.

Comme dans les espèces étudiées par Granata, Debaisieux et S. King, le nucléole se divise ici au cours de la mitose, mais en se tenant en dehors de la figure de division des chromosomes proprement dits. A la fin de l'anaphase, il se trouve encore dans le plan équatorial; un peu plus tard il s'étire en haltère et n'achève de se partager en deux parties égales qu'à la télophase (*fig.* 12, 13 et 14). Sa division n'a donc lieu qu'assez longtemps après les chromosomes; chaque noyau fils reçoit une moitié du nucléole préexistant, de sorte qu'il n'en produit pas lui-même. Il serait intéressant de connaître l'histoire complète de cette sorte de nucléole-chromosome; en effet, si l'on peut douter dans une certaine mesure de la persistance morphologique des chromosomes, il n'en est pas de même ici pour le nucléole, car il passe sans interruption et même sans modifications de forme importantes, à travers toute la série des divisions nucléaires végétatives et il représente, dans ce genre de mitose, un élément permanent par excellence.

De même que S. King (1926), nous n'avons pu mettre en évidence des chondriosomes typiques dans le cytoplasme plasmodial. Mais on distingue à la périphérie du noyau un petit nombre de granules ou de courts bâtonnets retenant vivement la fuchsine. Ils représentent la forme jeune d'un chondriome à origine paranucléaire; ces éléments fuchsinophiles évo-

luent en donnant naissance à de petites vésicules, d'abord juxtanucléaires, qui grossissent rapidement et offrent ensuite la plus grande ressemblance avec certaines formes communes de dictyosomes. Toutes les plasmodies en renferment; la figure 15 reproduit un fragment avec sept noyaux entourés de semblables dictyosomes en anneau avec enveloppe osmiophile vivement colorable par la fuchsine autour d'un contenu chromophobe. S. King ne signale pas leur existence chez l'Haplosporidium du Chiton, à moins que l'appareil de Golgi représenté par elle ne corresponde en partie à des dictyosomes agglomérés et encroûtés, rendus méconnaissables par un excès de précipité osmique, à la suite d'un traitement de trois semaines dans de l'acide osmique à 2 pour 100. Il nous faut signaler aussi l'existence, dans certaines plasmodies fixées au Benoît, d'enclaves particulières représentées en noir sur la gauche et dans le bas de la figure 15. Quelques-unes rappellent les corps de Golgi vus par S. King; ce sont des dictyosomes évolués dans le sens lipoïdique, assez comparables à des globules graisseux plus labiles, et que la fixation a pour la plupart défigurés.

IMMUNOLOGIE. — *Sur l'action immunisante de la toxine tétanique, enrobée dans la lanoline, chez l'animal d'expérience.* Note de MM. **Gaston Ramon** et **Édouard Lemétayer**, présentée par M. F. Mesnil.

Poursuivant l'expérimentation commencée par l'un de nous, il y a dix ans, au moyen des antigènes anatoxiques additionnés de substances adjuvantes telles que la poudre de tapioca (1), nous avons montré dernièrement que le simple enrobement de l'anatoxine (diphtérique ou tétanique) dans la lanoline permet d'obtenir un accroissement souvent considérable de l'immunité due à cet antigène (2).

Plus récemment, nous avons fait connaître (3) qu'en incorporant dans la lanoline soit de la toxine diphtérique, soit de la toxine tétanique, soit encore une toxine végétale telle que l'abrine, on pouvait faire supporter à l'animal d'expérience des doses plus ou moins élevées de l'un ou de l'autre de ces poisons.

Enfin nous avons pu, à l'aide de deux injections d'abrine enrobée dans

---

(1) G. Ramon, *Recueil de Médecine vétérinaire*, **101**, 1925, p. 348.
(2) *C. R. Soc. de Biologie*, **115**, 1934, p. 1027; **116**, 1934, p. 823.
(3) *C. R. Soc. de Biologie*, **118**, 1935, p. 108 et 112.

la lanoline, immuniser le cobaye contre l'intoxication due à cette toxine végétale ([1]).

Dans de nouveaux essais, nous avons cherché à provoquer chez l'animal d'expérience l'immunité antitétanique en utilisant le même procédé : l'enrobage de la toxine spécifique dans la lanoline. Après plusieurs tentatives infructueuses chez le cobaye ([2]), nous avons eu recours au lapin.

La toxine utilisée dans nos expériences est de préparation toute récente; elle n'a subi aucune atténuation; très active elle tue en 4 jours le cobaye de 350^{g} à la dose de 1/30000e de centimètre cube et le lapin à la dose de 0$^{cm^3}$,08.

Plusieurs lapins reçoivent sous la peau une injection de cette toxine incorporée, en proportions variables, dans la lanoline stérilisée. L'un des lapins reçoit, par exemple, 4$^{cm^3}$ du mélange ainsi constitué :

	cm³
Toxine tétanique	2
Lanoline	3
Huile d'olive	6

soit 0$^{cm^3}$,7 de toxine inclus dans le mélange de lanoline et d'huile ([3]), ce qui représente 10 doses mortelles pour le lapin et 20000 fois la dose minima mortelle (pour le cobaye). Le nodule et l'œdème qui s'étaient formés à l'endroit d'injection ont peu à peu rétrocédé. A aucun moment l'animal n'a présenté le moindre signe de tétanos.

Des prises de sang sont effectuées chez ce lapin, 15, 19, 22 jours après l'injection, en vue de la recherche et du dosage de l'antitoxine tétanique dans le sérum. Ces différents dosages ont fourni les résultats suivants :

Sérum recueilli.	Titre en unités antitoxiques.
15 jours après l'injection	1/300^{e}
19 » »	+1/300e — 1/100^{e}
22 » »	+1/10e — 1/3

([1]) *C. R. Soc. de Biologie*, **118**, 1935, p. 115.

([2]) Nous attribuons les échecs chez le cobaye au fait suivant : la quantité de toxine tétanique enrobée dans la lanoline que supporte un cobaye, quoique relativement forte puisqu'elle représente une quantité de toxine variant entre 200 et 300 doses minima mortelles, est douée d'une puissance immunisante trop faible. En effet, cette quantité transformée en anatoxine et injectée au cobaye ne lui confère pas l'immunité.

([3]) La toxine est d'abord incorporée à la lanoline, puis l'huile est ajoutée afin de faciliter l'injection.

Ainsi 22 jours après l'injection unique de toxine tétanique enrobée dans la lanoline, le lapin traité de cette façon possède une immunité antitétanique solide, puisque chaque centimètre cube de son sérum est capable de neutraliser une quantité de toxine correspondant à 100 doses minima mortelles pour le cobaye.

Ce même lapin a reçu une seconde injection semblable à la première 22 jours après celle-ci. Une saignée d'épreuve a été faite 11 jours après cette seconde injection. Le titrage effectué a permis de se rendre compte que le sérum recélait à ce moment un taux d'antitoxine correspondant à 2 unités antitoxiques par centimètre cube.

Nous avons donc réussi à conférer un degré d'immunité antitétanique relativement élevé au lapin, en lui injectant une seule dose de toxine tétanique très active, non atténuée dans son pouvoir toxique, mais simplement enrobée dans la lanoline. Cette immunité est fortement accrue par l'injection d'une seconde dose faite dans les mêmes conditions que la première (1).

Ayant fait connaître le principe de ce nouveau mode d'immunisation expérimentale contre le tétanos, nous en étudions le mécanisme dans des recherches actuellement en cours.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *L'étiologie des oreillons*. Note de MM. **Constantin Levaditi**, **René Martin**, **Antoine Bonnefoi** et Mlle **Rachel Schoen**, présentée par M. F. Mesnil.

L'étiologie des oreillons a été étudiée en 1913 par Nicolle et Conseil (2), en 1906 par Marthe Wollstein (3) et en 1925 par Kermorgant (4). Wollstein

(1) Des essais poursuivis dans les mêmes conditions nous ont conduits à des résultats analogues.

Ajoutons que des lapins qui reçoivent une injection d'une dose moindre ($0^{cm^3},1$, $0^{cm^3},3$ de toxine) que celle utilisée dans l'exemple rapporté ci-dessus, n'ont présenté, 15 à 20 jours après, aucune trace d'antitoxine décelable par nos moyens dans leur sérum, le pouvoir antigène de telles quantités de toxine se révélant, ici comme chez les cobayes, insuffisant. Toutefois l'injection à ces lapins d'une seconde dose du mélange de toxine et de lanoline, renfermant une proportion plus forte de toxine ($0^{cm^3},7$), a déclenché l'apparition, dans le sérum de ces animaux, d'une quantité d'antitoxine dont le taux varie entre 1/10e et 3 unités.

(2) *Comptes rendus*, **157**, 1913, p. 340.

(3) *J. of exp. Med.*, **23**, 1916, p. 353.

(4) *Annales de l'Institut Pasteur*, **39**, 1925, p. 565.

utilise, comme animal d'expériences, le chat, chez lequel l'inoculation intraparotidienne de salive filtrée, provenant de sujets atteints de parotidite ourlienne, détermine de la congestion, de l'œdème interstitiel et de l'infiltration monocytaire. Kermorgant prétend avoir cultivé un spirochète spécifique associé à un bacille Gram-négatif; ces germes, inoculés à des *Macacus sinicus*, auraient provoqué les oreillons. Tout récemment, Johnson et Goodpasture ([1]), précédés par Nicolle et Conseil (*loc. cit.*), s'adressent au singe (*Macacus rhesus*). Ils injectent dans la parotide (après cathétérisme du canal de Sténon) de la salive non filtrée, prélevée chez des malades atteints de parotidite ourlienne; ils reproduisent la maladie humaine, tant du point de vue clinique qu'histopathologique. D'après les auteurs américains, l'oreillon n'est pas dû à des spirochètes, mais à un virus filtrable, résistant à la congélation et à la dessiccation, et pouvant être conservé dans la glycérine. Ce virus n'existe pas dans la salive normale. Ces constatations ont été confirmées par Findlay et Clarke ([2]), lesquels ont établi que l'injection du virus ourlien, dans le testicule du *Macacus rhesus*, provoque une orchite non suppurative.

Il nous a paru intéressant de vérifier ces données, par des expériences faites sur des catarrhiniens inférieurs et des anthropoïdes (Chimpanzé, *Troglodytes niger*).

En ce qui concerne le *Macacus rhesus*, nos essais, faits en collaboration avec M. L. Reinié, ont montré que l'inoculation intra-parotidienne de salives provenant de trois cas d'oreillons, examinés tout au début de la maladie, déclenche, après une incubation de 6 à 7 jours, le syndrome clinique de la parotidite ourlienne : fièvre et tuméfaction glandulairc parfois considérable. L'examen histopathologique révèle des lésions interstitielles périvasculaires, consistant en une accumulation de monocytes (gros mononucléaires basophiles à noyaux vésiculeux, lymphocytes et rares plasmatocytes), et en une dégénérescence vacuolaire des épithéliums glandulaires. Des polynucléaires pénètrent dans la lumière des canalicules collecteurs et excréteurs. Absence de tout germe visible ou cultivable. Ces modifications paraissent provoquées par un ultra-virus pouvant être conservé quelque temps au contact de la glycérine. Des passages avec des glandes salivaires contaminées ont éte effectuées de singe à singe, mais la virulence semble s'atténuer au cours des inoculations. La salive normale est dépourvue de virus.

([1]) *J. of exper. Med.*, 59, 1934, p. 1.
([2]) *Brit. Journ. of exp. Pathol.*, 15, 1934, p. 309.

Pour ce qui a trait aux anthropoïdes, le chimpanzé *Jargon* est inoculé, par cathétérisme du canal de Sténon, avec de la salive ourlienne. L'élévation de la température (38°,3) débute dès le lendemain et atteint son acmé le 4e jour (38°,9). Les deux glandes parotides se tuméfient considérablement. L'une d'elles est excisée le 9e jour, alors que la température tendait à devenir normale. L'examen histologique révèle les altérations décrites précédemment, altérations dont l'intensité dépasse considérablement celle des lésions observées chez le *Macacus rhesus*. Ces altérations offrent, d'ailleurs, les caractères essentiels des modifications microscopiques décelées chez l'homme par Dopter et Repaci [1] et par Reverchon, Worms et Delater [2].

La séance est levée à 16h.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 21 janvier 1935.)

Note de Mme *Marie-Elisa P. Rumpf*, Pertitanates et pervanadates :

Page 318, ligne 11 du paragraphe *Pervanadates*, *au lieu de* eau oxygénée, *lire* acide.

(Séance du 28 janvier 1935).

Note de M. *J. Delsarte*, Application de la théorie des fonctions moyenne-périodiques à la résolution des équations de Fredholm-Nörlund :

Page 371, ligne 3, *au lieu de* Jacques, *lire* Jean; ligne 5, *lire* Nous avons appelé équations de...

Note de MM. *R. Audubert* et *C. Riethmuller*, Sur la sensibilité spectrale des compteurs photoélectriques :

Page 389, ligne 2, *au lieu de* Reithmuller, *lire* Riethmuller.

---

(1) *Arch. de Méd. exp.*, 21, 1909, p. 533.
(2) *Paris Médical*, 43, 1922, p. 471; *Annales de Médecine*, 11, 1922, p. 503.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 FÉVRIER 1935.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE. — *Le retour dans l'espace.* Note de M. **L. Lecornu.**

Dans un article intitulé *Quelques réflexions sur certains résultats de Poincaré concernant la Mécanique analytique* (1), M. Émile Picard a montré que, contrairement à l'assertion de certains auteurs, on n'a pas le droit de déduire de ces résultats qu'un système dynamique, si compliqué soit-il, repasse en général une infinité de fois par une configuration aussi voisine qu'on le veut de son état initial, et que les probabilités sont plutôt pour que cette proposition soit inexacte. C'est là une précieuse confirmation des conclusions que j'ai formulées dans ma Note *Sur le retour éternel* (2).

D'autre part, j'ai eu récemment connaissance d'un intéressant travail de M. Pierre Salet sur *La théorie du retour éternel et l'Astronomie* (3). Sa lecture m'a appris que Nietzsche avait eu un précurseur dans la personne du célèbre révolutionnaire Blanqui, lequel en 1871 (étant alors en prison) avait rédigé une brochure concernant *l'Éternité par les astres*, dans laquelle il énonçait exactement la même idée; mais, de plus, Blanqui affirmait le retour dans l'espace : c'est-à-dire que, d'après lui ce qui, en un lieu quelconque, se passe à un instant donné doit (en postulant la notion

---

(1) *Bulletin des Sciences mathématiques*, 38, 1914, p. 325.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 272. Il faut dans cette Note, au lieu de *Nietzche*, lire *Nietzsche*.

(3) *Bulletin de la Société astronomique de France*, 39, 1925, p. 516.

de simultanéité) se reproduire, au même instant, un nombre infini de fois dans d'autres régions de l'Univers.

Ce retour dans l'espace relève de la Géométrie, et non plus de la Mécanique. Blanqui prétend démontrer sa nécessité en disant qu'un être quelconque, étant composé d'un nombre fini d'atomes, dont le nombre de combinaisons est également fini, ne peut recevoir un nombre infini de configurations distinctes; mais une pareille assertion est manifestement erronée. Comme le fait observer M. Salet, elle suppose que « la notion de continuité soit exclue de tous les caractères particuliers de ces êtres ». Or, quand deux atomes sont placés à une certaine distance l'un de l'autre, on doit, jusqu'à preuve contraire, admettre qu'elle peut varier d'une manière continue.

Précisons un peu les conséquences de cette remarque. J'ai dit, dans ma précédente Note, que, pour un système de n atomes assimilés à des points matériels, la configuration est régie par $3(n-2)$ variables indépendantes. Quand celles-ci, tout en demeurant finies, se modifient d'une façon continue, le nombre des configurations imaginables est infini de l'ordre $3(n-2)$ pour une tolérance infiniment petite du premier ordre dans la position de chaque atome.

Soit N le nombre supposé fini des atomes constituant l'Univers (je n'envisage pas l'hypothèse $N=\infty$, qui me paraît inconcevable). Ces atomes occupant, à l'instant considéré, des positions déterminées, le nombre des configurations présentées par n d'entre eux est fini. Il n'est donc nullement probable que deux d'entre elles soient superposables. Si, par hasard, il s'en rencontrait, il faudrait en outre que, l'une d'elles étant donnée, l'autre ne comportât dans son domaine aucun atome dépourvu de correspondant, et que les atomes correspondants fussent de même nature.

Enfin, dans le cas particulier d'un être vivant, celui-ci n'aurait quelque part son sosie que si ledit sosie joignait à l'identité de configuration la qualité de posséder, lui aussi, la vie; mais cette condition n'est plus du ressort de la Géométrie.

Le retour dans l'espace présente, en résumé, un caractère non moins utopique que le retour éternel.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'*Intégration logique *et sur la transformation des équations de la Dynamique à deux variables : Forces conservatives. Intégrales cubiques.* Note ([1]) de M. **Jules Drach.**

A. Nous avons commencé l'étude ([2]) des intégrales *cubiques* possibles pour les problèmes de Dynamique conservatifs à deux variables, c'est-à-dire pour l'équation $pq/\lambda - \mathrm{U} = h$. Après avoir établi et réduit le système des conditions imposées à λ et à U, nous avons appliqué les résultats aux mouvements dans le plan. Je renvoie à cette Note pour les notations.

Pour la continuation du problème, il y a lieu de classer les λ d'après la constitution de φ_3 qui donne les intégrales cubiques des géodésiques.

Il peut se faire qu'il existe une seule intégrale cubique, *propre*. Mais si λ est une fonction *quelconque* de $(x-y)$ (ds^2 de révolution), on a déjà

$$\varphi_3 = m(p+q)^3 + 3n(p+q)\frac{pq}{\lambda}$$

avec deux paramètres homogènes m, n.

Si $\lambda(x-y)$ est l'un de ceux qui donnent lieu à des intégrales linéaires ou quadratiques (étudiés par G. Kœnigs), on a des intégrales cubiques *impropres* ou *composées*.

Dans le cas du plan, on a les intégrales *linéaires*, p, q, $px - qy$ qui donnent six intégrales quadratiques, réduites à cinq à cause de $pq = 1$ et dix intégrales cubiques, liées par des relations algébriques entières (*syzygies*).

Dans le cas de la sphère (ds^2 à courbure constante), on a encore, avec $\lambda = (x-y)^{-2}$, trois intégrales *linéaires*, $p+q$, $px+qy$, px^2+qy^2 dont se composent six intégrales quadratiques, réduites à cinq grâce à l'identité

$$(px^2+qy^2)(p+q) - (px+qy)^2 = pq(x-y)^2 = 1$$

et dix intégrales cubiques.

Les variables x, y ayant une signification géométrique, a_0 et a_3 dépendant de nombreux paramètres, il n'y a pas lieu, *en général*, de passer aux variables *canoniques* pour lesquelles $a_0 = a_3 = 1$. Exception est faite pour *le cas singulier* où $a_0 = a_3 = 0$, qui est le seul que je traite ici.

B. Dans l'hypothèse $a_0 = a_3 = 0$, un choix de variables canoniques

([1]) Séance du 11 février 1935.

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 22.

permet de prendre $a_1\lambda = -1$, $a_2\lambda = 1$; les fonctions λ et ω ne dépendent que de l'argument $u = x + y$.

Si le système en U n'est pas en involution, on prend pour ω une fonction arbitraire de u et l'on a $\lambda = d\omega/du$, $U = \alpha/\sqrt{\omega}$, où α est constant.

Lorsque le système (K) est en involution, on a le *type* suivant :

$$\lambda = \frac{\cos(u+a)}{\sin^3 u}, \qquad \omega = \frac{-\cos^2(u+a)}{2\cos a \sin^2 u} \qquad (a \text{ constant}),$$

et les trois solutions du système en U sont $\tang(u+a)$, $\cos v/\cos(u+a)$, $\sin v/\cos(u+a)$, où $v = x - y$.

C. *Transformation des équations de Lagrange avec conservation de l'ensemble des trajectoires.* — Il convient d'examiner quel parti on peut tirer des beaux résultats obtenus, de 1889 à 1906, sur la transformation des équations de Lagrange *à n variables* avec conservation de l'ensemble des trajectoires, par d'éminents géomètres : E. Goursat, G. Darboux, P. Appell, P. Painlevé, R. Liouville et T. Levi-Cività. Ce dernier a élucidé, en particulier, le cas où *les forces sont nulles*, donc la *conservation des géodésiques*.

G. Darboux a montré, en 1889, qu'à un problème conservatif où la force vive est $2T = ds^2/dt^2$, la fonction des forces étant U, *correspond* un problème conservatif où $2T_1 = (U + a)ds^2/dt_1^2$, la fonction des forces étant $1/U + a$, ayant les mêmes trajectoires.

P. Painlevé s'est occupé du problème *général* en 1894; dans un Mémoire couronné par l'Académie [1], il a établi une liaison précise entre le problème des systèmes *correspondants* (qui ont les mêmes trajectoires) et celui des intégrales *quadratiques* pour ces systèmes.

L'illustre mathématicien avait annoncé (*loc. cit.*, p. 92) un travail consacré à l'application de sa méthode aux ds^2 à *deux* et *trois* variables, mais il n'est plus revenu sur le sujet. J'ai repris directement la question pour *deux* variables; voici les résultats obtenus dans les divers cas.

Soient deux systèmes de Lagrange (A), (A_1) aux mêmes variables u, v; (A) formé avec une force vive $2T = ds^2/dt^2$ où $ds^2 = e\,du^2 + 2f\,du\,dv + g\,dv^2$ et des forces (indépendantes du temps) de travail virtuel $\delta\mathfrak{T} = X\,\delta u + Y\,\delta v$; ($A_1$) correspond aux mêmes éléments affectés de l'indice 1. Il s'agit de trouver sous quelles conditions on peut déterminer dt_1 en dt, u, v, du, dv de manière que (A) et (A_1) aient les mêmes trajectoires.

1° *Cas général.* — La relation entre les temps s'écrit $dt^2 - \mu\,dt_1^2 = d\sigma^2/P$,

(1) P. Painlevé, *Journal de Math. pures et appl.*, 4e série, 10, 1894, p. 5-92.

où $d\sigma^2$ est une forme quadratique en du, dv, et l'on a $X=(e+f\rho)P$, $Y=(f+g\rho)P$ et aussi $X_1=(e_1+f_1\rho)\mu P$, $Y_1=(f_1+g_1\rho)\mu P$.

Enfin, si $\theta=(\delta/\delta_1.\mu)^{2/5}$, où δ et δ_1 sont les discriminants de ds^2 et dt_1^2,

$$\frac{\theta}{\mu}\left[\frac{1}{P}\frac{d\sigma^2}{dt^2}-1\right]=\text{const.}$$

est une intégrale quadratique de (A). *En rapportant $d\sigma^2$ à ses lignes de longueur nulle*, j'ai trouvé qu'il fallait prendre pour ds^2 et ds_1^2 *deux éléments de Liouville quelconques :*

$$ds^2=(\Phi+\Psi)^2(du^2+dv^2)+2(\Phi^2+\Psi^2)\,du\,dv,$$

Φ dépendant de $(u+v)$, Ψ de $(u-v)$; ds_1^2 s'en déduit en remplaçant Φ, Ψ par Φ_1, Ψ_1. On a ensuite

$$\frac{\theta}{\mu}=\varphi=\frac{(\Phi_1+\Psi_1)\Phi\Psi}{(\Phi+\Psi)\Phi_1\Psi_1},\qquad \mu\varphi^3=\frac{\Phi^2\Psi^2}{\Phi_1^2\Psi_1^2}$$

et enfin

$$P=\frac{-\dfrac{\partial\varphi}{\partial v}}{8\Phi\Psi(\Phi+\Psi)},\qquad \rho\frac{\partial\varphi}{dv}=\frac{\partial\varphi}{\partial u}.$$

La forme quadratique $d\sigma^2$ se réduit à $1/\varphi.\partial\varphi/\partial v.du\,dv$.

En formant le travail virtuel $\delta\mathfrak{T}$ on constate qu'il est, ainsi que $\delta\mathfrak{T}_1$, une *différentielle exacte; les deux systèmes sont conservatifs* et les fonctions de force correspondantes sont $\Omega=-1/4.(\Phi\Psi_1-\Psi\Phi_1)/[(\Phi+\Psi)\Phi_1\Psi_1]$ et Ω_1, obtenu par échange de Φ, Φ_1 et de Ψ, Ψ_1.

Les résultats sont un peu plus simples avec les variables $\xi=u+v$, $\eta=u-v$, qui réduisent ds^2, $d\sigma^2$ et ds_1^2 à la forme orthogonale.

Ceci s'étend au cas de n variables. Si l'on suppose que (A_1) (ou bien $d\sigma^2$, ou les forces de (A)] dépend de n fonctions arbitraires d'un argument, qui ne figurent pas dans ds^2, il existe un changement de variables qui amène simultanément ds^2, $d\sigma^2$ et ds_1^2 à la forme orthogonale.

Lorsqu'un ds^2 peut de *plusieurs manières* recevoir la forme de Liouville, la transformation comportant n paramètres, on aura, pour tout autre ds_1^2 de Liouville, une correspondance avec conservation des trajectoires dépendant de ces n paramètres. Il est commode d'adopter ici des variables *canoniques*; on prendra $\sqrt{\Phi(\xi)}\,d\xi=dx$, $\sqrt{-\Psi}\,d\eta=dy$ ce qui donne : $ds^2=(X-Y)(dx^2-dy^2)$, avec une expression analogue pour ds_1^2; la fonction de forces pour (A) est : $\Omega=-1/4.(XY_1-YX_1)/([X-Y]X_1Y_1)$. Soit, par exemple, $ds^2=2\,d\alpha\,d\beta=(X-Y)(dx^2-dy^2)$, la forme de

Liouville la plus générale *du plan*; on peut prendre $X = \cos(2kx + 2l)$, $Y = \cos(2ky + 2m)$ et

$$\alpha = \frac{2}{k}\cos[k(x+y) + l + m], \qquad \beta = \frac{2}{k}\cos[k(y-x) + m - l].$$

Soit de même

$$ds_1^2 = \frac{-4\,d\alpha_1\,d\beta_1}{(\alpha_1 - \beta_1)^2} = (X_1 - Y_1)(dx^2 - dy^2)$$

la forme correspondante pour la *sphère;* nous prendrons $X_1 = p(x)$, $Y_1 = p(y)$, p désignant la fonction de Weierstrass et l'on aura, par exemple,

$$\alpha_1 = p\left(\frac{x+y}{2}\right), \qquad \beta_1 = p\left(\frac{x-y}{2}\right).$$

On déduit de là une transformation de mouvements plans conservatifs, en coordonnées α, β, en mouvements conservatifs sur la sphère. Les transformations de α, β (ou α_1, β_1) qui conservent ds^2 (ou ds_1^2) sont sans intérêt.

2° *Les géodésiques se conservent.* — Si l'on suppose ds^2 et ds_1^2 rapportés au système orthogonal commun (u, v), on aura

$$dt = \frac{dt_1}{UV} \quad \text{et} \quad \mu = \frac{1}{U^2V^2};$$

$$ds^2 = \left(\frac{1}{V} - \frac{1}{U}\right)(UU_1\,du^2 + VV_1\,dv^2), \qquad ds_1^2 = (U - V)(U_1U^2\,du^2 + V_1V^2\,dv^2),$$

U est une fonction arbitraire de u, U_1 également; V, V_1 dépendent de v seul. En outre on peut prendre $X = eP$, $Y = g\rho P$, P *demeurant, ainsi que* ρ, *arbitraire* et $X_1 = e_1\mu P$, $Y_1 = g_1\mu\rho P$.

Avec des variables *canoniques* u', v', où $UU_1\,du = du'$, $VV_1\,dv = dv'$, on peut sans difficulté indiquer les cas où le problème (A) [ou le problème (A_1)] est conservatif. Si les systèmes (A) et (A_1) sont tous deux conservatifs, les fonctions de forces dépendent de deux fonctions arbitraires d'un argument. Le cas où ds^2 (ou ds_1^2) est susceptible de plusieurs formes de Liouville prête aux mêmes remarques que plus haut.

3° Lorsqu'aux géodésiques de (A) correspond un faisceau *naturel* de (A_1), supposé conservatif, une transformation de Darboux appliquée à (A_1) le ramène à un système (A') qui correspond à (A) avec conservation des géodésiques. Il en est encore ainsi quand (A) et (A_1) sont conservatifs et que les faisceaux naturels se correspondent (P. Painlevé).

SPECTROSCOPIE. — *Relation simple et générale du spectre moléculaire avec les électrons et anneaux d'électrons des atomes constituants.* Note de M. **H. Deslandres.**

La Note actuelle est la suite de trois Notes qui ont été présentées sous le même titre les 11 juin, 6 août et 24 décembre 1934, et auxquelles le lecteur est prié de se reporter.

La formule $\nu = q\,d_1/s'r'$, appelée formule (1), résume les recherches précédentes, ν étant la fréquence infra-rouge émise par un atome ou groupe d'atomes de la molécule, s' étant le nombre des électrons excités en même temps et aussi successivement dans cet atome ou groupe d'atomes par l'approche progressive des autres atomes de la molécule. Les électrons sont excités par groupes qui correspondent à leurs divisions naturelles, par anneaux ou subdivisions d'anneaux. Les électrons du premier anneau (à partir de l'extérieur) sont excités d'abord, d'où un premier nombre s'. Puis, l'approche continuant, les électrons du second anneau se joignent à eux; d'ou un second nombre s'; et ainsi, pour les anneaux qui suivent. Si l'on tient compte du fait que, dans un anneau, deux électrons sont distincts des autres, on a de nouvelles divisions et de nouveaux nombres d'électrons excités; pour les bien distinguer, on leur adjoint la lettre a'. L'ensemble de ces nombres d'électrons excités sera désigné par l'abréviation Ex.

D'après la formule (1), chaque atome ou groupe d'atomes dans la molécule a ses vibrations propres. Le fait a été déjà annoncé par les premiers observateurs de ces spectres, en particulier par Baly; et, récemment, Kohlrausch, avec les nombreux spectres Raman qu'il a mesurés, a suivi les fréquences attribuées aux radicaux tels que CH^2, HS, CO dans les séries homologues de la Chimie organique. La fréquence ν 1462 attribuée à CH^2, est diminuée légèrement lorsqu'on s'éloigne de la tête des séries. Les nombres Ex. de CH^2 sont 4 a', 6 et 8, et 1462 est égal à $11\,d_1/8 - 1$. Je n'ai pas encore analysé les composés d'ordre élevé de ces séries organiques; leur étude indiquera dans quelles limites et à quelles conditions la formule (1) leur est applicable. On conçoit d'ailleurs que l'excitation de CH^2 soit un peu différente, lorsque la disposition et le nombre des atomes excitateurs ont des variations notables.

Quoi qu'il en soit, la formule (1) a été vérifiée sur des molécules très diverses, dont quelques-unes ont plus de 10 atomes et plus de 80 électrons. De la formule chimique du composé on déduit aisément les nombres Ex.

d'électrons excitables, que l'on retrouve comme nombres s' dans l'analyse des fréquences. Les nombres $s'r'$ les plus intéressants sont les plus petits, et ceux des radiations les plus fortes.

Les recherches précédentes ont conduit à distinguer trois cas principaux : 1° La molécule est aisément divisible en parties égales qui s'excitent mutuellement, comme par exemple les molécules C^2H^6 et C^6H^6; on a facilement l'égalité des fréquences, nécessaire à la stabilité. 2° Les deux parties de la molécule sont inégales. Celle qui est la plus riche en électrons n'est excitée que partiellement, et l'on peut avoir encore l'égalité des électrons excités, au besoin avec le recours à l'ionisation intérieure. 3° Les deux parties sont forcément très inégales ainsi que dans la molécule HCl. Si s'_1 et s'_2 sont les nombres d'électrons excitables dans les deux parties, la fréquence émise est souvent un multiple de $d_1/s'_1 \times s'_2$.

Je présente des exemples bien choisis de ces trois cas, qui, d'ailleurs, peuvent se rencontrer dans une même molécule, et en commençant par la molécule HCl, particulièrement intéressante. Elle a le même nombre d'électrons que le gaz rare l'argon et est très stable; son spectre Raman, très simple, est aussi le spectre d'absorption; il comprend une seule raie forte, classée comme raie de vibration, et des raies fines équidistantes attribuées à la rotation. Or les nombres Ex. de Cl sont 7, 15, 17 et 5 a′, 13 a′, et ils se retrouvent comme nombre s', dans le calcul des nombres $s'r'$ qui, portés dans la formule (1) reproduisent la fréquence (voir le Tableau XI ci-contre). On a en plus le nombre 8, qui apparaît lorsque l'électron de H se porte sur Cl et forme les ions H^+ et Cl^-, ainsi que dans l'électrolyse. Les nombres s' qui suivent, 46 et 53, peuvent être rapportés au polymère Cl^3H^3,

Cependant le nombre 17 qui correspond à l'excitation de tous les électrons de Cl, n'est pas attaché à la raie de vibration, mais seulement aux raies dites de rotation; et le même fait à été signalé pour d'autres molécules hydrogénées, OH^2, CH^4, NH^3. J'ai déjà émis l'opinion de ces petites raies étaient dues non à la rotation de la molécule, mais à une action particulièrement forte des atomes voisins.

De plus, l'examen des nombres s' de la raie de vibration montre que la fréquence émise est celle qui est commune à tous les arrangements intérieurs de la molécule : cette propriété apparaît naturelle si l'on songe aux variations extrêmement rapides de ces arrangements, sous l'influence des chocs répétés très divers que subit la molécule.

Dans la Note précédente, j'ai indiqué deux corps CH^3Cl et CH^3HS, qui,

ayant les mêmes nombres d'électrons, sont à rapprocher, mais il y a eu erreur dans la transcription, erreur qui a été réparée. Les corps vraiment intéressants sont C^6H^5Cl et C^6H^5HS qui ont six fréquences communes.

Pour le deuxième cas, je citerai les sulfates de soude et d'ammoniaque, Na^2SO^4 et $(NH^4)^2SO^4$ qui ont le même nombre d'électrons. On peut les diviser en deux parties qui sont inégales : d'un côté Na^2S et $(NH^4)^2S$ avec 38 électrons, et O^4 avec 32 électrons. Comparons les nombres Ex. des deux parties. Avec O^4, les nombres sont 16a′ 24 et 32, et avec Na^2S 8, 32 et 38. Il y a égalité des électrons pour O^4 2a et Na^2S 2a, et la fréquence unique de Na^2SO^4 est un multiple de $d_1/32$ et aussi de $d_1/31$ et de $d_1/33$. Avec NH^4S, les nombres Ex. sont 24, 36 et 38. L'égalité est réalisée pour 24 électrons, et la radiation la plus forte de $(NH^4)^2SO^4$ est un multiple de $d_1/24$ et aussi de $d_1/23$ et $d_1/25$. On voit aisément que les atomes ont aussi les mêmes fréquences; dans ces molécules, toutes les parties vibrent en accord.

Je termine par le benzène C^6H^6, divisible en parties égales $C^3H^3 — C^3H^3$. Pour les 11 fréquences Raman de ce corps, j'ai adopté la moyenne des mesures faites avec une grande dispersion par Söderquist, Langer-Meggers et Dabadghao, et aussi le relevé récent par les frères Bloch de satellites autour de la raie principale ν991,5 ([1]). Les nombres Ex. de C^3H^3 sont 9a′, 15 et 21; or, la fréquence principale ν991,5 est un multiple exact de $d_1/15$, et sur les 11 fréquences de la molécule, 9 sont rattachées au nombre 15. Toutes les fréquences sont expliquées aisément avec les trois nombres ci-dessus (voir le Tableau XI). Mais d'autres arrangements des atomes sont possibles, à savoir : $C^4H^4 — C^2H^2$, $C^5H^5 — CH$, $C^6H^5 — H$. Pour ce dernier arrangement, les nombres Ex. sont 17a′, 29 et 41, et l'on peut avec eux aussi expliquer les 11 fréquences. Le tableau présente quelques coïncidences à l'appui; en particulier les deux satellites les plus forts de la raie ν991,5 sont des multiples exacts de $d_1/17$ et $d_1/41$. Le spectre peut être rattaché aussi à l'arrangement $C^4H^4 — C^2H^2$, et moins nettement, il est vrai, à $C^5H^5 — CH$. Avec cette molécule, comme avec les précédentes, chaque fréquence correspond à des arrangements divers des atomes et des électrons.

([1]) Les fréquences du tableau sont tirées de l'ouvrage de Kohlrausch; pour le benzène voir Söderquist, *Z. f. Phys.*, 34, 1930, p. 446; Langer et Meggers, *Bur. of Stand. Journ.*, 4, 1930, p. 711; Dabadghao, *Ind. Journ. of Phys.*, 5, 1930, p. 207; et Léon et Eugène Bloch, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1787.

Tableau XI. — *Fréquences infrarouges de molécules.*

Molécule et mode d'excitation.	Fréquence de la raie en cm^{-1} et intensité entre ( ).	Multiple de $d_1/s'r'$ et résidu.	Nombre s' d'électrons excités dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre de leurs anneaux (a.).	
ClH gaz Raman.........	2886 (10)	$= 19 d_1/7 \quad +2,1$	7 de Cl 1 a.	dans ClH
	»	$= 163 d_1/15\times4 - 0,2$	15 de Cl 2 a.	id.
	»	$= 106 d_1/13\times3 - 1,8$	13 de Cl 2 a'.	id.
	»	$= 87 d_1/8\times4 - 2,9$	8 de Cl^- 1 a.	id.
	»	$= 125 d_1/46 \quad - 1,1$	46 de Cl^{3-} 2 a.	dans Cl^3H^3
	»	$= 144 d_1/53 \quad - 0,8$	53 de Cl^{3--} 3 a.	id.
Raie n° 1 de rotation	20,79	$= d_1/17\times3 + 0,04$	17 de Cl 3 a.	dans ClH
Raie n° 9 de rotation	187,45	$= 9 d_1/17\times3 - 0,05$	id.	id.
Na^2SO^4 cristal Raman....	995,2 (10)	$= 30 d_1/32 \quad - 0,9$	32 de Na^2S 2 a. et O^4 2 a.	dans Na^2SO^4
	»	$= 31 d_1/31 \quad + 1,2$	31 de Na^2S^+ 2 a. ou O^{4+} 2 a.	id.
	»	$= 15 d_1/16 \quad - 0,9$	16 de $(Na^+)^2$ 1 a., S^{--} 2 a. et O^2 2 a. ou O^4 1 a'.	dans Na^2, S et O^4
$(NH^4)^2SO^4$ cristal Raman.	974 (10)	$= 22 d_1/24 \quad + 0,0$	24 de $(NH^4)^2S$ 1 a. et de O^4 1 a.	dans $(NH^4)^2SO^4$
	»	$= 21 d_1/23 \quad + 3,9$	23 de $(NH^4)^2S^+$ 1 a. ou O^{4+} 1 a.	id.
	»	$= 27 d_1/7\times7 - 1,8$	7 de N 2 a.	dans NH^4
	»	$= 11 d_1/6\times2 + 0,0$	6 de S 1 a.	dans S
C^6H^6 liquide Raman.....	991,5 (10)	$= 14 d_1/15 \quad - 0,2$	15 de C^3H^3 1 a.	dans C^6H^6
	»	$= 13 d_1/14 \quad + 4,9$	14 de C^3H^{3+} 1 a.	id.
	»	$= 15 d_1/16 \quad - 4,6$	16 de C^3H^{3-} 1 a.	id.
	»	$= 42 d_1/9\times5 - 0,2$	9 de C^3H^3 1 a'.	id.
Satellite	999,9 (1)	$= 16 d_1/17 \quad - 0,1$	17 de C^6H^5 1 a'.	id.
	991,5 (10)	$= 27 d_1/29 \quad + 2,3$	29 de C^6H^5 1 a.	id.
Satellite	984,7 (0,5)	$= 38 d_1/41 \quad + 0,0$	41 de C^6H^5 2 a.	id.
	3061,2 (5)	$= 121 d_1/21\times2 + 0,2$	21 de C^3H^3 2 a.	id.
	»	$= 49 d_1/17 \quad - 1,3$	17 de C^6H^5 1 a'.	id.
	»	$= 167 d_1/29\times2 + 2,0$	29 de C^6H^5 1 a.	id.
	604,7 (2)	$= 17 d_1/15\times2 + 2,6$	15 de C^3H^3 1 a.	id.
	»	$= 12 d_1/21 \quad - 2,4$	21 de C^3H^3 2 a.	id.
	»	$= 29 d_1/17\times3 + 0,5$	17 de C^6H^5 1 a'.	id.
	»	$= 33 d_1/29\times2 + 0,2$	29 de C^6H^5 1 a.	id.
	2948 (2)	$= 25 d_1/9 \quad - 3,4$	9 de C^3H^3 1 a'.	id.
	»	$= 161 d_1/29\times2 - 1,3$	29 de C^6H^5 1 a.	id.
	1178,3 (1)	$= 50 d_1/15\times3 - 2,3$	15 de C^3H^3 1 a.	id.
	1584,1 (1)	$= 67 d_1/15\times3 + 2,2$	id.	id.
	»	$= 76 d_1/17\times3 - 0,8$	17 de C^6H^5 1 a'.	id.
	1605,3 (1)	$= 68 d_1/15\times3 - 0,3$	15 de C^3H^3 1 a.	id.
	»	$= 62 d_1/41 \quad - 1,4$	41 de C^6H^5 2 a.	id.
	3046,9 (1)	$= 43 d_1/15 \quad + 1,1$	15 de C^3H^3 1 a.	id.
	848,8 (0)	$= 12 d_1/15 \quad - 1,2$	id.	id.
	3161,1 (0)	$= 134 d_1/15\times3 - 2,8$	id.	id.
	»	$= 122 d_1/41 \quad - 0,5$	41 de C^6H^5 2 a.	id.

La relation simple annoncée entre les fréquences et les groupes d'électrons est vérifiée nettement, et *a priori*, elle ne paraît pas en opposition réelle avec le principe de combinaison et les relations énergétiques qui sont la base de recherches nombreuses sur les spectres moléculaires.

MÉCANIQUE. — *Théorie mathématique des filtres mécaniques et électriques.* Note de M. J. **Haag**.

1. Considérons une boîte, que nous appellerons une *cellule*, à l'intérieur de laquelle se trouve un système mécanique quelconque, à n degrés de liberté, *sans résistances visqueuses*. Cette boîte est munie de deux axes E et S, que nous appellerons *axes d'entrée* et *de sortie*. Ces axes peuvent tourner ou coulisser. Ils sont reliés au mécanisme intérieur de telle manière que leurs vitesses respectives s'expriment au moyen des vitesses coordonnées u_i par les formules

$$E = \alpha^i u_i, \qquad S = \beta^i u_i. \tag{1}$$

Du point de vue électrique, le mécanisme intérieur de la boîte est un réseau quelconque, *sans résistances ohmiques*. Les axes E et S sont des paires de bornes; les formules (1) donnent les courants d'entrée et de sortie.

2. Exerçons sur E un couple alternatif f (ou une force longitudinale, ou une force électromotrice entre E et E'). Sous l'action de ce couple, les axes d'entrée et de sortie prennent les vitesses Af et Bf. Si f est appliqué à S, les vitesses de S et de E sont Cf et Bf. Les coefficients A, B, C seront appelés les *admittances de la cellule*.

Soit $Z = z^{ik} u_i u_k$ *l'impédance quadratique* [1] du système contenu dans la boîte. Si f est appliqué à E, la puissance instantanée est $f\alpha^i u_i$. On a donc $u_i = f z_{ik} \alpha^k$. En portant dans (1), on a

$$A = Z(\alpha), \qquad B = Z(\alpha, \beta), \qquad C = Z(\beta); \tag{2}$$

les formes quadratiques $Z(\alpha)$, $Z(\beta)$ et la forme polaire $Z(\alpha, \beta)$ devant être calculées en coordonnées contrevariantes.

On peut répéter le même calcul en *coordonnées surabondantes;* il suffit d'appliquer la formule (5) de la Note précitée. Par exemple, s'il existe une seule équation de liaison

$$p^i u_i = 0, \tag{3}$$

(1) Cf. J. Haag, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 693.

on trouve

$$(4)\quad \begin{cases} H = Z(\alpha) - \dfrac{Z^2(p,\alpha)}{Z(p)}, \qquad B = Z(\alpha,\beta) - \dfrac{Z(p,\alpha)\,Z(p,\beta)}{Z(p)}, \\ C = Z(\beta) - \dfrac{Z^2(p,\beta)}{Z(p)}. \end{cases}$$

3. Soient deux cellules Γ et Γ'. Accouplons-les *en série*, c'est-à-dire que nous relions S à E', Nous obtenons une cellule Γ'', dont l'entrée et la sortie sont E et S'. Si $X(u)$ et $Y(v)$ sont les impédances quadratiques de Γ et Γ', l'impédance quadratique de Γ'' est $Z = X + Y$ et l'on a l'équation de liaison

$$\beta^i u_i - \alpha'^k v_k = 0.$$

En appliquant les formules (4), on trouve que les admittances de F'' sont données par

$$(5)\quad A'' = \frac{D + AA'}{C + A'}, \qquad B'' = \frac{BB'}{C + A'}, \qquad C'' = \frac{D' + CC'}{C + A'}, \qquad D'' = \frac{DC' + D'A}{C + A'}$$

en posant

$$D = AC - B^2.$$

Comme cas particulier, Γ' peut se réduire à une impédance z; dans ce cas, $A' = B' = C' = 1/z$ et $D' = 0$; les formules (5) deviennent

$$(6)\quad A(z) = \frac{A + Dz}{1 + Cz}, \qquad B(z) = \frac{B}{1 + Cz}, \qquad C(z) = \frac{C}{1 + Cz}, \qquad D(z) = \frac{D}{1 + Cz}.$$

En comparant $A(z)$ et A'', on voit que *la vitesse d'entrée dans* Γ *est la même que si l'on remplaçait* Γ' *par l'impédance* $z = 1/A'$.

4. Cherchons quelle impédance z il faut connecter à la sortie de Γ pour *que la vitesse d'entrée soit la même que si* Γ *n'existait pas*. Il faut et il suffit que $A(z) = 1/z$; d'où l'équation du second degré

$$(7)\quad Dz^2 + (A - C)z - 1 = 0,$$

dont les racines ζ et ζ' sont appelées les *impédances caractéristiques* de Γ.

D'après la remarque faite à la fin du paragraphe précédent, on peut remplacer z par une cellule Γ' admettant z pour impédance caractéristique et munie de cette impédance à sa sortie. On en déduit que *si l'on accouple en série plusieurs cellules ayant les mêmes impédances caractéristiques, la cellule composée obtenue admet aussi ces mêmes impédances caractéristiques.*

5. Si l'on applique l'impédance z à la sortie de Γ, *le rapport de la vitesse de sortie à la vitesse d'entrée* est, d'après (6),

$$(8)\quad \lambda(z) = \frac{B}{A + Dz}.$$

Dans le cas particulier où z est une impédance caractéristique, nous poserons $\lambda = e^{-\varphi}$ et nous appellerons φ *l'affaiblissement caractéristique* de la cellule. En éliminant z, on trouve

$$\text{ch}\,\varphi = \frac{A + C}{2B}. \tag{9}$$

On voit que φ se change en $-\varphi$ quand on change d'impédance caractéristique.

6. La cellule Γ étant toujours munie de l'impédance caractéristique ζ, cherchons la condition pour que *les vitesses d'entrée et de sortie aient la même amplitude*. Il faut et il suffit que $e^{-\varphi}$ ait pour module 1, c'est-à-dire que φ soit imaginaire pure, ou encore que $\text{ch}\,\varphi$ soit compris entre -1 et $+1$. Comme la cellule ne contient pas de résistances visqueuses (ou ohmiques) A, B, C sont des imaginaires pures, $\text{ch}\,\varphi$ est réel et la double condition ci-dessus définit certaines bandes de fréquences, dont l'ensemble constitue la *zone de filtrage*. Si la fréquence de f appartient à cette zone, la vitesse de sortie a simplement le retard de phase $-j\varphi$ sur la vitesse d'entrée. Si la fréquence de *f est extérieure à la zone de filtrage*, φ est réel, à un multiple de $j\pi$ près. En choisissant convenablement ζ, on peut supposer que la partie réelle de φ est positive; *la vitesse de sortie est affaiblie*.

7. Supposons maintenant *que* Γ *soit muni d'une impédance* z *quelconque*. On établit facilement la formule

$$\lambda(z) = \frac{\zeta - \zeta'}{e^{\varphi}(z - \zeta') - e^{-\varphi}(z - \zeta)}.$$

Si l'on est en dehors de la zone de filtrage et si la partie réelle de φ par exemple est positive et très grande, on voit que le module de $\lambda(z)$ est très petit, sous la seule condition que z diffère de ζ'. On a encore un *fort affaiblissement*, tandis qu'il n'en est pas de même dans la zone de filtrage.

8. Prenons n cellules ayant *même zone de filtrage* et *mêmes impédances caractéristiques*. Soient α_i leurs affaiblissements caractéristiques, pour l'impédance caractéristique ξ. Accouplons ces cellules en série. D'après le n° 4, on établit aisément que la cellule composée ainsi obtenue a pour affaiblissement caractéristique $\varphi_n = \Sigma\alpha_i$. Si l'on suppose que les parties réelles de α_i sont positives, la partie réelle de φ_n peut être rendue arbitrairement grande, en prenant n assez grand. On obtient un *filtre*. En particulier, on peut prendre n cellules identiques, ce qui donne $\varphi_n = n\varphi$.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la déformation d'une ligne élastique autour d'un de ses points.* Note (¹) de M. **Louis Roy.**

On sait que le calcul des composantes U, V, W du déplacement élastique, dans le voisinage d'un point M de l'axe longitudinal d'une ligne élastique, fait intervenir, par intégration immédiate de certaines formules dues à Kirchhoff, trois fonctions $\mathcal{U}$, $\mathcal{V}$, $\mathcal{W}$ qui, dans le cas d'une ligne à quatre paramètres, représentent les composantes du déplacement élastique en un point de la section droite relative au point M (²). Proposons-nous de reprendre leur détermination pour une ligne, affectée ou non de viscosité, dont chaque section droite est un plan de symétrie de contexture et dont certains coefficients d'élasticité $\mathcal{A}_{ij}$ peuvent être discontinus le long de certaines courbes Σ tracées dans chaque profil, ainsi que cela aurait lieu pour une ligne constituée à la manière d'une poutre en béton armé.

Prenons l'axe Mu du trièdre mobile trirectangle $Muvw$ tangent en M à l'axe longitudinal, le plan Muv étant ainsi tangent en M à un feuillet matériel arbitrairement choisi passant par l'axe; les fonctions $\mathcal{U}$, $\mathcal{V}$, $\mathcal{W}$ ne dépendent que de v, w et de l'abscisse curviligne, comptée suivant l'axe longitudinal, du point m homologue de M dans l'état naturel primitif. Par suite du choix des axes, ces trois fonctions ainsi que $\partial\mathcal{W}/\partial v$ doivent s'annuler pour $(v, w) = 0$.

La déformation de la ligne dans son état actuel par rapport à son état primitif étant définie par la dilatation ∂ en M de l'axe longitudinal et par les deux rotations par unité de longueur (p, q, r) et (p_0, q_0, r_0) résultant du passage des trièdres (M) et (m) aux trièdres infiniment voisins (M') et (m'), si l'on pose

$$\mathcal{U} = (p - p_0)\mathcal{P},$$

on reconnaît que la fonction $\mathcal{P}$ est définie sans ambiguïté dans le profil S par l'équation indéfinie

$$\text{(1)}\qquad \frac{\partial}{\partial v}\left[\mathcal{A}_{56}\left(v + \frac{\partial\mathcal{P}}{\partial w}\right) + \mathcal{A}_{66}\left(-w + \frac{\partial\mathcal{P}}{\partial v}\right)\right] + \frac{\partial}{\partial w}\left[\mathcal{A}_{55}\left(v + \frac{\partial\mathcal{P}}{\partial w}\right) + \mathcal{A}_{56}\left(-w + \frac{\partial\mathcal{P}}{\partial v}\right)\right] = 0,$$

(¹) Séance du 11 décembre 1934.

(²) L. Roy, *Ann. de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 3e série, 18, 1926, p. 175.

à laquelle on doit adjoindre une condition sur le contour de S et deux conditions de raccordement sur les courbes Σ. Ces équations sont indépendantes de la température θ du profil S comptée à partir de la température uniforme dans l'état primitif et, dans le cas particulier de l'isotropie et de l'homogénéité transversales, l'équation (1) se réduit à celle de Laplace.

Les deux autres fonctions $\mathcal{V}$, $\mathcal{W}$ se déduisent sans difficulté des déformations

$$(2)\quad \begin{cases} \partial_2 = A_{12} E \partial_1 + (D_2 - A_{12} E D_1)\theta, \qquad \partial_3 = A_{13} E \partial_1 + (D_3 - A_{13} E D_1)\theta, \\ g_1 = A_{14} E \partial_1 + (G_1 - A_{14} E D_1)\theta \end{cases}$$

en un point (v, w) de S, exprimées en fonction de la dilatation ∂_1 en ce point parallèlement à Mu et de la température θ. Ces expressions (2) résultent des trois conditions de Saint-Venant $(N_2, N_3, T_1) = 0$ qui restent valables, dans notre hypothèse des courbes de discontinuité Σ, sous la seule restriction que les trois coefficients $(A_{12}, A_{13}, A_{14}) E$ soient constants dans tout le profil, les A_{ij} étant les réciproques des coefficients d'élasticité directs $\mathfrak{A}_{ij}$ et $E = 1/A_{11}$ désignant le module de Young au point (v, w) parallèlement à l'axe longitudinal. En outre, D_1, D_2, D_3, G_1 représentent les quatre coefficients de dilatation et de glissement thermiques au même point et le premier doit être de la forme $D_1 = D + av + bw$, D, a, b désignant des constantes pour chaque substance constitutive.

Il résulte alors d'une des six conditions de Saint-Venant relative à toute déformation qu'on doit avoir

$$G_1 - \int \frac{\partial D_3}{\partial v} dw - \int \frac{\partial D_2}{\partial w} dv = h(v) + g(w),$$

h et g étant deux fonctions de v et de w qui se déterminent par identification des deux membres, et l'on obtient pour les deux autres fonctions cherchées

$$\begin{aligned} \mathcal{V} = {} & A_{12} E\left[\partial + (q - q_0)w - (r - r_0)\frac{v}{2}\right]v \\ & + E[A_{14}(q - q_0) + A_{13}(r - r_0)]\frac{w^2}{2} \\ & + \left[\int D_2\, dv - A_{12} E\left(D + a\frac{v}{2} + bw\right)v \right. \\ & \quad \left. + \int g(w)\, dw + E(A_{13}a - A_{14}b)\frac{w^2}{2}\right]\theta - Aw + B, \end{aligned}$$

et

$$
\begin{aligned}
\mathfrak{w} = {} & A_{13}E\left[\partial + (q - q_0)\frac{\varpi}{2} - (r - r_0)\varphi\right]\varpi \\
& + A_{14}E\,\partial\varphi + E[A_{12}(q - q_0) + A_{14}(r - r_0)]\frac{\varphi^2}{2} \\
& + \left[\int D_3\,d\varpi - A_{13}E\left(D + a\varphi + b\frac{\varpi}{2}\right)\varpi \right. \\
& \quad \left. + \int h(\varphi)\,d\varphi - A_{14}ED\varphi - E(A_{14}a - A_{12}b)\frac{\varphi^2}{2}\right]\theta + A\varphi + C,
\end{aligned}
$$

A, B, C désignant trois constantes arbitraires qui se déterminent par les conditions à l'origine et celles de raccordement sur les courbes Σ. Ces dernières imposent éventuellement certaines relations entre les constantes spécifiques des substances constitutives; par exemple, dans le cas de l'isotropie et de l'homogénéité transversales pour chacune des substances, elles exigent que l'expression $\sigma D_1 + D_2$ soit constante dans toute l'étendue de S', σ désignant le coefficient de Poisson.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dédoublement catalytique des dérivés monochlorés forméniques*. Note (¹) de M. **Jean-Baptiste Senderens**.

I. Ce dédoublement avait été décrit par Sabatier et Mailhe en prenant comme catalyseurs les chlorures métalliques anhydres, fer, nickel, cobalt, plomb, cadmium et surtout baryum (²).

De mon côté, en 1908, j'avais reconnu que les chlorures d'isobutyle et de propyle étaient dédoublés par l'alumine, le silicate d'alumine etc. (³).

J'ai repris ces recherches en les étendant à divers catalyseurs dont j'ai comparé l'activité. A cet effet les nacelles contenant les catalyseurs étaient chauffées au four électrique dans un tube de pyrex dont le réservoir d'un thermomètre occupait la partie médiane, la température étant réglée et maintenue par un rhéostat. Le chlorure forménique se vaporisait à l'entrée du tube, et les gaz résultant du dédoublement passaient avec les

(¹) Séance du 11 février 1935.

(²) *Comptes rendus*, 141, 1905, p. 238.

(³) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, 3, 1908, p. 827.

vapeurs non décomposées à travers un réfrigérant assez court, d'abord dans un petit ballon qui retenait les liquides, puis dans un flacon laveur dont une solution légèrement alcaline absorbait HCl, et enfin dans une éprouvette à eau où l'on recueillait les gaz non absorbés.

II. Pour la comparaison que je voulais établir entre les catalyseurs je les ai fait tout d'abord agir sur un seul et même chlorure forménique, *le chlorure de butyle normal,* de préférence au chlorure d'isobutyle dont on verra les inconvénients. Comme catalyseurs j'ai employé ceux qui se recommandaient par mes précédentes recherches en leur adjoignant, comme termes de comparaison, les chlorures de baryum et de calcium anhydres.

Je me suis borné à quelques-uns de ces catalyseurs pour les autres chlorures forméniques.

Tous ces catalyseurs, sauf le charbon activé (¹), dédoublent les chlorures selon l'équation



$$C^nH^{2n+1}Cl = HCl + C^nH^{2n}.$$

Du tube de pyrex, *lorsqu'il est ouvert,* se dégagent toujours d'abondantes fumées de HCl aux températures du dédoublement.

Après la liaison de ce tube avec le système abducteur on recueille dans l'éprouvette à eau un carbure complètement absorbable par le brome, tandis que l'acide chlorhydrique se dissout dans l'alcali dilué du flacon laveur; réserves faites, comme il sera dit, pour les chlorures d'isobutyle et de butyle tertiaire.

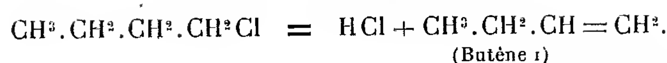
III. Soumis à l'action de la chaleur seule, les chlorures forméniques sont restés inaltérés à des températures très supérieures à celles où ils sont décomposés par les catalyseurs dont l'activité a été précisément appréciée d'après la température où ils décomposent ces chlorures, c'est-à-dire d'après la température où le dégagement d'oléfine commence et celle où il devient abondant, comme dans le tableau ci-après.

(¹) Ce charbon donne seulement 63 pour 100 d'oléfine C^nH^{2n}, absorbables par le brome.

Chlorure de butyle n :

$$CH^3.CH^2.CH^2.CH^2Cl = HCl + CH^3.CH^2.CH = CH^2.$$

(Butène 1)



Catalyseurs.	Dégagement de butène : commence à	abondant à
Alumine anhydre Al^2O^3	245°	260°
Thorine anhydre ThO^2	205	220
Zircone anhydre ZrO^2	205	220
Kaolin calciné (silicate d'alumine)	250	260
Phosphate tricalcique $(PO^4)^2Ca^3$	240	260
Charbon activé (¹)	280	305
Noir animal lavé à l'acide	255	275
Chlorure de baryum anhydre	245	270
Chlorure de calcium anhydre	225	245

Chlorure de propyle :

$$CH^3.CH^2.CH^2Cl = HCl + CH^3.CH = CH^2.$$



Catalyseurs.	Dégagement de propène : commence à	abondant à
Alumine	205°	230°
Thorine	180	210
Kaolin calciné	200	225
Chlorure de baryum	205	230

Chlorure d'isopropyle :

$$CH^3.CH.Cl.CH^3 = HCl + CH^3.CH = CH^2.$$

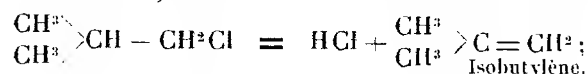


Catalyseurs.	Dégagement de propène : commence à	abondant à
Alumine	160°	185°
Thorine	140	160
Kaolin calciné	155	175

IV. Les chlorures forméniques précédents dédoublés par les divers catalyseurs fournissent dans l'éprouvette à eau, après le système abducteur employé (réfrigérant, ballon, flacon laveur), un dégagement gazeux d'oléfine, qui se poursuit indéfiniment en augmentant avec la température.

(¹) Le charbon activé laissait, après calcination, 3 pour 100 de cendres, tandis que le noir animal lavé sommairement à l'acide chlorhydrique retenait 25 pour 100 de matières minérales, surtout phosphate de chaux avec ses propriétés catalytiques.

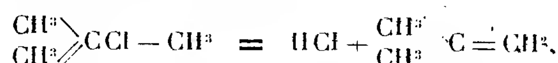
Il n'en est plus de même pour le *chlorure d'isobutyle* qui se dédouble au-dessous de 200° avec la thorine, vers 230° avec le kaolin et le chlorure de baryum



mais qui n'envoie plus de gaz dans l'éprouvette à eau dès que tout l'air a été chassé de l'appareil.

Il se forme donc *à chaud* de l'*isobutylène* qui se recombine en totalité avec HCl dans les parties froides de l'appareil, tandis que le *butène* et le propène échappent, au moins pour une bonne partie, à cette reconstitution. Le Bel avait déjà observé que l'*isobutylène* se distingue de ses isomères par la facilité avec laquelle il se combine à froid avec HCl [1]. Pour recueillir l'isobutylène, j'ai dû remplacer le long système abducteur par un tube de quelques centimètres.

Le *chlorure de butyle tertiaire* $\frac{CH^3}{CH^3}\rangle CCl - CH^3$, qui bout à 51°,5 et que la chaleur commence à décomposer vers 300°, est dédoublé par la thorine vers 160° avec formation d'*isobutylène*



en sorte que, de même que pour le chlorure d'isobutyle, le dégagement gazeux, abondant à 180°, et qui se continue avec un tube abducteur très court, s'arrête, après un certain temps, même à 200°, avec le long système abducteur déjà décrit.

Dans une Communication ultérieure, il sera question de la catalyse des bromures forméniques et du mécanisme qui préside à ce genre de réactions.

M. DE LAUNAY présente la *Carte géologique* au 1/50.000° de *Ferrette*, publiée par le Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine sous le contrôle du *Service de la Carte géologique de France*, dont il est directeur.

M. E. JOUGUET fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. JEAN VILLEY : *Les principes des moteurs thermiques* (fascicule XXVIII du *Mémorial des Sciences physiques*), dont il a écrit la *Préface*.

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 28, 1877, p. 460.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Œuvres complètes* de Christiaan Huygens, publiées par la Société Hollandaise des Sciences. Tome dix-huitième. *L'Horloge à pendule ou à balancier de* 1666 *à* 1695. *Anecdota.*

2° *Nouvelle classification des climats. Application à l'Indochine*, par P. Carton.

3° *La mission dano-suisse de l'Année polaire au Snaefellsjoekull*, par Paul-Louis Mercanton. (Présenté par M. Jean Charcot.)

4° *Les variations périodiques des glaciers des Alpes Suisses. Cinquante-quatrième Rapport* — 1933, par Paul-Louis Mercanton. (Présenté par M. Jean Charcot.)

5° Le premier numéro (janvier 1935) de la Revue *Gaz de combat. Défense passive. Feu — Sécurité;* Directeur, George-F. Jaubert. (Présenté par M. A. Caquot.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur quelques propriétés géométriques des ensembles.* Note [1] de MM. **Šmidov** et **Verčenko**, présentée par M. Hadamard.

Deux Notes récentes de MM. Kolmogoroff et Verčenko, consacrées aux points de discontinuité des fonctions de deux variables [2], contiennent aussi quelques résultats nouveaux se rapportant à la notion du contingent, introduite par M. Bouligand [3]. Des méthodes analogues à celle de la Note citée nous ont permis d'établir deux propositions généralisant un théorème de MM. Denjoy et Durand [4]. Pour fixer les idées, nous considérons un ensemble fermé E situé dans l'espace euclidien à trois dimensions.

---

(1) Séance du 4 février 1935.

(2) *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 1, 1934, p. 105-107; 4, 1934, p. 361-364.

(3) Voir son livre *Introduction à la géométrie infinitésimale directe*, Paris, 1933.

(4) Denjoy, *Journ. de Math.*, 7e série, 1, 1915, p. 105; Durand, *Acta Mathematica*, 56, 1931, p. 363-369.

Théorème I. — *L'ensemble* A *des points* P *de* E, *pour lesquels le contingent* [1] *de* E *ne contient aucune paire de deux droites opposées passant par* P *est au plus dénombrable.*

Il est évident que l'ensemble A contient tous les points où le contingent de E est strictement convexe au sens de M. Durand. Pour simplifier l'exposition, nous ne reproduirons ici que la démonstration du théorème I pour des ensembles E plans, le cas de l'espace étant tout à fait analogue. Nous désignerons par $S(P, n, k, r)$ le secteur fermé limité par le cercle de centre P et de rayon r et par deux demi-droites issues de P qui forment avec un axe fixe les angles $\pi(k-1)/n$ et $\pi k/n$. Quel que soit le point P de l'ensemble A, il est possible de déterminer des nombres entiers n et m tels que de chaque couple de secteurs opposés $S(P, n, k, 1/m)$ et $S(P, n, n+k, 1/m)$ un au plus contient des points de l'ensemble E différents de P ($k=1, 2, \ldots, n$). Les nombres n et m étant choisis, posons $i_k=1$, si le secteur $S(P, n, k, 1/m)$ contient des points de E différents de P, et $i_k=0$ dans le cas opposé. On fait ainsi correspondre à chaque point P de E des indices déterminés $n, m, i_1, i_2, \ldots, i_{2n}$, vérifiant la condition $i_k i_{n+k}=0$. Soit maintenant $A_{nmi_1i_2\ldots i_{2n}}$ l'ensemble des points de E ayant les indices $n, m, i_1, i_2, \ldots, i_{2n}$, donnés. Il est évident que l'on a

$$A \subset \Sigma A_{nmi_1i_2\ldots i_{2n}}.$$

D'un autre côté, on voit aisément que la distance entre deux points appartenant au même ensemble $A_{nmi_1i_2\ldots i_{2n}}$ (la condition $i_k i_{mk}=0$ étant vérifiée) ne peut être inférieure à $1/m$. Donc, les ensembles $A_{nmi_1i_2\ldots i_{2n}}$, et par conséquent aussi l'ensemble A, sont au plus dénombrables.

Théorème II. — *L'ensemble* B *des points de* E *par lesquels on peut mener un plan qui ne contienne aucune paire de demi-droites opposées passant par* P *et appartenant tout entière au contingent de* E *en* P, *est situé sur un ensemble dénombrable de courbes rectifiables.*

Un théorème démontré par MM. Kolmogoroff et Verčenko constitue le troisième chaînon de la même série de propositions :

Théorème III. — *L'ensemble* C *des points de* E, *en lesquels le contingent de* E *laisse échapper au moins une demi-droite, est situé sur un ensemble dénombrable des surfaces vérifiant la condition de Lipschitz* (dans une représentation paramétrique convenable pour chaque surface).

---

[1] Par définition, le contingent de E en P est la réunion de toutes les demi-tangentes à l'ensemble E au point P.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes multiplement monotones qui s'écartent le moins de zéro, les deux premiers coefficients étant donnés.* Note (1) de M. **W. Brecka**, présentée par M. Hadamard.

D'après M. S. Bernstein, nous disons qu'un polynome est multiplement monotone d'ordre $h+1$ dans l'intervalle $(-1, +1)$ lorsque toutes ses dérivées des $h+1$ premiers ordres sont non négatives dans l'intervalle considéré (2).

Nous allons résoudre le problème suivant :

Trouver l'oscillation minima, dans l'intervalle $(-1, +1)$, *d'un polynome*

$$y_n(x) = \sigma_0 x^n + \sigma_1 x^{n-1} + \ldots + \sigma_n$$

de degré n, monotone d'ordre $h+1$ *dans cet intervalle, lorsque ses deux coefficients* σ_0 *et* σ_1 *sont donnés.*

Notre polynome cherché $y_n(x)$, que nous pouvons, sans restreindre la généralité, supposer non négatif dans l'intervalle $(-1, +1)$, peut être représenté par l'expression

$$(1) \qquad y_n(x) = \int_1^x (x-z)^h \varphi(z)\, dz,$$

où $\varphi(z) \geqq 0$ pour $-1 \leqq z \leqq 1$.

Supposons, pour fixer les idées, $n - h - 1 = 2m + 2$ pair, et σ_0 et σ_1/σ_0 de même signe; alors $\varphi(z)$ est un polynome de degré $2m+2$ non négatif dans l'intervalle $(-1, +1)$.

Chaque polynome non négatif dans l'intervalle $(-1, +1)$ de degré pair $2m+2$ peut être mis sous la forme (3)

$$\varphi(z) = v_{m+1}^2(z) + (1-z^2)\, s_m^2(z).$$

Ainsi nous devons minimer l'intégrale

$$(2) \qquad y_n(1) = \int_{-1}^{1} (1-z)^h \left[v_{m+1}^2(z) + (1-z^2)\, s_m^2(z) \right] dz$$

sous la condition que les deux premiers coefficients σ_0 et σ_1, du polynome $y_n(x)$, sont donnés.

En cherchant le minimum de l'intégrale (2) nous trouvons que ce minimum est :

---

(1) Séance du 4 février 1935.

(2) S. Bernstein, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 247.

(3) Polya et Szegö, *Aufgaben und Lehrsätze aus der Analysis*, Bd II, p. 82.

1° Pour $\sigma_0 > 0$ et $\sigma_1/\sigma_0 > 0$,

$$(3)\qquad L_1 = \frac{2^{n-1}\sigma_0\left[\left(\frac{n-h-1}{2}\right)!\right]^2\left[\left(\frac{n+h-1}{2}\right)!\right]^2}{h!(n-h-1)!(n-1)!} \times\left\{-\frac{1}{n-2}+\left[\frac{\sigma_1(n-1)}{\sigma_0 n}-h\right]\frac{n}{n+h-1}\right\}$$

et

$$(4)\qquad L_2 = \frac{2^{n}\sigma_0\left[\left(\frac{n-h-1}{2}\right)!\right]^2\left[\left(\frac{n+h-1}{2}\right)!\right]^2}{h!(n-h-1)!(n-1)!} \times\left\{1+\frac{n(n-2)}{(n+h-1)^2}\left[\frac{\sigma_1(n-1)}{\sigma_0 n}-h\right]^2\right\}$$

$$(L_2 \geqq L_1).$$

Mais l'analyse montre que la formule (3) n'est valable que pour

$$\frac{\sigma_1(n-1)}{\sigma_0 n}-h \geqq \frac{n+h-1}{n-2};$$

mais pour

$$\left|\frac{\sigma_1(n-1)}{\sigma_0 n}-h\right| \leqq \frac{n+h-1}{n-2},$$

nous avons la formule (4).

II. Pour $\sigma_0 < 0$ et $\sigma_1/\sigma_0 < 0$, nous avons la formule (5); mais maintenant cette formule est valable pour

$$\left|\frac{\sigma_1(n-1)}{\sigma_0 n}-h\frac{n-h-3}{n-h-1}\right| \geqq \frac{n-h-3}{n-2},$$

dans le cas

$$\left|\frac{\sigma_1(n-1}{\sigma_0 n}-h\frac{n-h-3}{n-h-1}\right| \leqq \frac{n-h-3}{n-2},$$

nous obtenons

$$(5)\qquad L_3 = \frac{2^{n}\sigma_0\left[\left(\frac{n-h-1}{2}\right)!\right]^2\left[\left(\frac{n+h-1}{2}\right)!\right]^2}{h!(n-h-1)!(n-1)!} \left\{-\frac{n+h+1}{n-h-1}-\left[\frac{\sigma_1(n-1)}{\sigma_0 n}-h\frac{n-h-3}{n-h-1}\right]^2\frac{n(n-2)}{(n-h-3)(n+h-1)}\right\}.$$

Dans le cas des polynomes simplement monotones, on doit poser $h=0$.

En supposant, dans les formules (3), (4), (5), n très grand et h fini, nous obtenons des formules asymptotiques (¹).

(¹) GERONIMUS, *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 2, 1928, p. 485.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une interprétation du théorème de M. Picard sur les équations intégrales.* Note (¹) de M. **Soula**, présentée par M. Hadamard.

I. Soit $Q(x, y)$ une fonction symétrique et continue définie dans le domaine $(a \leqq x \leqq b, a \leqq y \leqq b)$. Admettons encore qu'elle constitue, dans ce domaine, un noyau « positif »; donnons-nous une fonction $f(x)$ de carré sommable et considérons le quotient

$$H[g] = \frac{\left[\int_a^b f(x)\,g(x)\,dx\right]^2}{\int_a^b \int_a^b Q(x, y)\,g(x)\,g(y)\,dx\,dy},$$

où $g(x)$ est une fonction variable de carré sommable. Demandons-nous si cette expression a un maximum fini et si ce maximum peut être atteint.

Soit $\varphi_1(x)$, $\varphi_2(x)$, ... un système orthogonal et normal de fonctions fondamentales du noyau $Q(x, y)$. Je désigne par $\psi_1(x)$, $\psi_2(x)$, ... d'autres fonctions qui forment avec les $\varphi_n(x)$ un système orthogonal et normal complet.

Si $Q(x, y)$ est *défini*, les $\psi_n(x)$ n'existent pas, $H[g]$ n'a jamais son dénominateur nul. Si $Q(x, y)$ n'est pas défini, le dénominateur peut être nul et, pour que le numérateur le soit aussi en même temps, il faut et suffit que $f(x)$ soit orthogonale à tous les $\psi_n(x)$. Admettons que cette condition est vérifiée.

Soient λ_1^2, λ_2^2, ... les constantes caractéristiques de $Q(x, y)$; soient

$$c_i = \int_a^b f(x)\,g(x)\,dx, \qquad g_i = \int_a^b g(x)\,\varphi_i(x)\,dx.$$

On a

$$H[g] = \frac{\left[\sum_1^\infty g_n c_n\right]^2}{\sum_1^\infty \frac{g_n^2}{\lambda_n^2}},$$

et cette expression s'étudie aisément par la formule de Lagrange. Si la série $\Sigma \lambda_n^2 c_n^2$ converge, sa somme est supérieure ou au moins égale à $H[g]$;

(¹) Séance du 11 février 1935.

si la série diverge, $H[g]$ peut être arbitrairement grand. Dans le cas de la convergence, $H[g]$ n'atteint le maximum pour une fonction sommable déterminée g que si la série $\Sigma\lambda_i^4 c_i^2$ converge aussi.

Supposons maintenant que le noyau $Q(x, y)$ puisse être obtenu à l'aide d'un noyau $K(x, s)$ par l'opération de Schmidt

$$Q(x, y) = \int_a^b K(x, s)\, K(y, s)\, ds.$$

La discussion précédente peut être résumée sous la forme suivante *qui ne fait plus intervenir les fonctions fondamentales :*

Pour que l'expression $H[g]$ *soit bornée, il faut et suffit que l'équation de première espèce*

$$f(x) = \int_a^b K(x, s)\, h(s)\, ds$$

ait une solution de carré sommable $h(s)$.

Cette première condition étant supposée vérifiée, pour que le maximum soit atteint par une fonction de carré sommable déterminée g, *il faut et suffit que l'équation*

$$f(x) = \int_a^b Q(x, s)\, g(s)\, ds$$

ait elle aussi une solution (¹).

II. Il est naturel d'étudier l'existence d'une borne et d'un maximum pour l'expression

$$R[g] = \frac{\int_a^b \int_a^b Q_1(x, y)\, g(x)\, g(y)\, dx\, dy}{\int_a^b \int_a^b Q(x, y)\, g(x)\, g(y)\, dx\, dy},$$

où Q et Q_1 sont des noyaux positifs.

Soient $\Phi_1, \Phi_2, \ldots$ les fonctions fondamentales de $Q_1(x, y)$; soient $\mu_1^2, \mu_2^2, \ldots$ ses constantes caractéristiques;

$$R[g] = \sum_1^\infty \frac{1}{\mu_n^2} \frac{\left[\int_a^b \Phi_n(x)\, g(y)\, dx\right]^2}{\int_a^b \int_a^b Q(x, y)\, g(x)\, g(x)\, dx\, dy}.$$

(¹) On remarquera l'analogie de ces considérations et de celles développées par Fr. Riesz à propos d'un problème différent (*Ann. de l'École Normale sup.*, 28, 1911, p. 43 et suiv.).

Pour que R soit borné, il faut que chaque terme soit borné et, d'abord, que toute fonction $\Phi_n(x)$ soit orthogonale aux $\psi_i(x)$. On a immédiatement d'autres conditions nécessaires et aussi d'autres suffisantes.

Il est un cas où le problème se traite complètement, c'est celui où Q et Q_1 sont permutables

$$\int_a^b Q(x, z) Q_1(z, y) \, dz = \int_a^b Q_1(x, z) Q(z, y) \, dz.$$

On peut s'arranger, d'après Lauricella [1], pour que les fonctions fondamentales de Q et Q_1 appartiennent à un même système complet de fonctions orthogonales et normales $\varphi_1, \varphi_2, \ldots$. On a alors

$$\int_a^b Q(x, s) \varphi_i(s) \, ds = \frac{1}{\lambda_i^2} \varphi_i(x), \qquad \int_a^b Q_1(x, s) \varphi_i(s) \, ds = \frac{1}{\mu_i^2} \varphi_i(x),$$

étant entendu que $1/\lambda_i^2$ ou $1/\mu_i^2$ peuvent être nuls.

Le maximum de $R[g] = (\Sigma g_n^2/\lambda_n^2)/(\Sigma g_n^2/\mu_n^2)$ est la plus grande valeur de μ_n^2/λ_n^2. Si elle est finie, elle peut être atteinte par une fonction déterminée ou ne pas l'être suivant les cas.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Séries d'intégrales d'ordres successives d'une fonction.* Note de M. **J. Rey Pastor**, présentée par M. J. Hadamard.

Le développement taylorien a été généralisé dans de nombreuses directions; mais ce sont les séries ordonnées suivant les fonctions intégrales successives d'une fonction $\varphi(z)$ qui semblent avoir les propriétés les plus fécondes. A plusieurs reprises nous nous sommes occupé de ces développements qui ont mérité l'attention approfondie de MM. Gontcharoff, Valiron, etc., dont les résultats rentrent comme des cas particuliers dans la théorie beaucoup plus générale que nous esquisserons dans quelques notes.

1. Soit $\varphi(z)$ une fonction analytique dans un domaine D; le développement d'une fonction $f(z)$ en série des fonctions primitives successives de $\varphi(z)$, l'intégration d'une équation intégrale assez compliquée [2] et la

---

[1] *Atti della R. Accad. dei Lincei*, 12, 1913, p. 338-345.

[2] Pour le cas $a_0 = a_1 = \ldots$ voir nos notes *Bol. Sem. Mat. Arg.*, 3, 1933, p. 193; *Bol. crit. ped. Mat.*, 3, 1919, n° 3. Pour les développements en séries de polynomes : Gontcharoff, *Ann. de l'École Norm. sup.*, 47, 1930, p. 1. C'est aussi le cas *trian-*

résolution d'un certain système d'équations linéaires en nombre infini, sont des problèmes équivalents. Mais ce système d'équations devient triangulaire, et par conséquent résoluble élémentairement si les n intégrations de $\varphi(z)$ pour obtenir la fonction $n^{\text{ième}}$ primitive sont faites en prenant les origines de la succession donnée $a_0, a_1, a_2, \ldots$ dans l'ordre inverse a_{n-1}, $a_{n-2}, \ldots, a_1, a_0$; et c'est la fonction intégrale ainsi obtenue que nous désignerons par $\Phi_n(z)$. Par conséquent, on a, pour chaque valeur de n,

$$\Phi_n(a_0) = 0, \qquad \Phi'_n(a_1) = 0, \qquad \ldots, \qquad \Phi_n^{n-1}(a_{n-1}) = 0.$$

Nous prendrons tous les chemins d'intégration sur la même courbe $a_{n-1}a_{n-2}\ldots a_1 a_0 z$ contenue entièrement dans D et nous désignerons par s_n la longueur de l'arc $a_n a_0$, somme des arcs $a_n a_{n-1}$, $a_{n-1}a_{n-2}$, $\ldots$, $a_1 a_0$ et par t la longueur de l'arc $a_0 z$. La fonction $\varphi(z)$ étant bornée dans D, soit $|\varphi(z)| < K$, on obtient, sans difficulté, par un calcul analogue à celui de M. Gontcharoff

$$\Phi_n(z) \leq K(s_{n-1} + t)^n : n!.$$

2. Pour déterminer le champ de convergence des séries

$$(1) \qquad F(z) = \sum_{n=0}^{\infty} c_n \Phi_n(z),$$

nous supposons bornée la succession des longueurs croissantes s_n et, par conséquent, $\lim s_n = s$, $\lim a_i = a$, a étant un nombre fini intérieur au domaine D, en lequel nous supposons $\varphi(z)$. Cela posé, nous démontrons :

I. Si $\lim \sqrt[n]{|c_n|/n!} = 0$ $\left(\text{en particulier si } \overline{\lim\limits_{n\to\infty}} \sqrt[n]{|c_n|} < \infty\right)$, la série (1) converge uniformément et absolument dans tout domaine intérieur à l'étoile de régularité de $\varphi(z)$ et, par conséquent, définit une fonction entière si $\varphi(z)$ est elle aussi entière. Dans le cas 1 $\overline{\lim} \sqrt[n]{|c_n|/n!} = R > s$, la série converge absolument dans l'intérieur du cercle $|z - a_0| < R - s$ et la convergence est uniforme dans tout domaine intérieur à celui-ci, mais on obtient un champ de convergence plus ample en considérant la série des dérivées $\nu^{\text{ièmes}}$.

---

gulaire, le seul considéré dans les récents travaux sur le développement d'une fonction suivant une succession donnée de fonctions, publiés par MM. Okada, Widder, Takahaski, Izumi, Narumi, etc. Dans ce cas est aussi incluse la transformation de Pincherle récemment approfondie par M. Mambriani et aussi la théorie de M. Valiron exposée dans le *Bulletin des Sciences mathématiques*, 58, 1934, p. 22. Voir aussi SOULA, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1363.

II. Si

$$R = \frac{1}{\overline{\lim} \sqrt[n]{\frac{|c_n|}{n!}}} \gtreqless s,$$

la série (1) converge absolument en tous les points de l'étoile de régularité de $\varphi(z)$ d'origine $a = \lim a_n$ dont la distance au point a est plus petite que R, la convergence étant uniforme dans tout ensemble fermé intérieur à cette région. Dans le cas $R < s$, on peut affirmer la convergence des séries dérivées pour les valeurs de ν tels que l'arc $a_\nu a_{\nu-1} \ldots a$ reste intérieur au cercle; mais les intégrations nécessaires pour revenir à la série (1) n'étant pas légitimes, celle-ci peut n'être pas convergente dans tout le cercle.

Par exemple, pour $a_0 = 2$, $a_1 = 2$, $a_1 = a_2 = \ldots = 0$, $c_i = 0$, la série $\Sigma(z^n - 2^n)$ converge seulement au point $z = 2$.

Il est à remarquer que la fonction $\varphi(z)$ étant fixée, le champ minimum de convergence donnée par le théorème II est indépendant de la succession a_i prise arbitrairement dans le cercle du rayon R, lequel dépend des coefficients c_n et non des nombres a_i. Parmi toutes les fonctions entières $\varphi(z)$, celles qui semblent déterminer le champ le moins étendu sont les constantes.

3. Le calcul des coefficients du développement d'une fonction $f(z)$ en série uniformément convergente de primitives d'une autre fonction $\varphi(z)$ se fait très facilement, comme dans la série de Taylor et dans les séries de polynomes de Gontcharoff. En faisant $z = a_n$ dans la dérivée $n^{\text{ième}}$ de la série, il résulte des relations déduites dans (1)

$$(4) \qquad f^n(a_n) = c_0 \varphi^n(a_n) + c_1 \varphi^{n-1}(a_n) + \ldots + c_n \varphi(a_n).$$

On calcule de proche en proche les coefficients c_n, dont l'expression générale se simplifie en posant $\psi(z) = f(z)/\varphi(z)$, et il en résulte la formule générale suivante, pour le cas d'origines coïncidantes $a_i = a$,

$$c_n = \psi^n(a) + \frac{1}{\varphi(a_n)} \sum_{i+j=n} \lambda_i \varphi^i(a_n) \psi^j(a_n) - \frac{1}{\varphi(a_n)^2} \sum_{i+j+k=n} \lambda_{ij} \varphi^i(a_n) \varphi^j(a_n) \psi^k(a_n) + \ldots$$
$$+ (-1)^n \frac{1}{\varphi(a_n)^n} \overline{\varphi'(a_n)}^{n-1} \psi'(a_n).$$

Il reste à démontrer les conditions de validité du développement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un principe général de développement des fonctions d'une variable réelle en séries de fonctions entières.* Note de M. **Jean Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

Soit (A) une classe linéaire de fonctions d'une variable réelle x, définies dans un intervalle $(0, a)$; soient (B) une sous-classe linéaire de (A), et (C) une sous-classe linéaire de (B). Soit Df un opérateur linéaire défini dans (B) et soit δf une fonctionnelle linéaire définie dans (A). Soit enfin $j(z)$ une fonction entière. Nous faisons les hypothèses suivantes :

1° $j(\lambda x)$ appartient à (B) quel que soit le nombre complexe λ;

2° L'opérateur D fait correspondre à la fonction $j(\lambda x)$ la fonction $\varphi(\lambda) j(\lambda x)$, $\varphi(\lambda)$ étant une fonction dérivable de λ;

3° La fonction

$$\frac{j(\lambda x) - j(\mu x)}{\varphi(\lambda) - \varphi(\mu)}$$

appartient à (C) quels que soient λ et μ; en particulier la dérivée $k(\lambda, x)$ de $j(\lambda x)$ par rapport à $\varphi(\lambda)$ appartient à (C);

4° Quelle que soit $f(x)$ de (A) et quel que soit λ, l'équation

$$D[g(x)] = \varphi(\lambda) g(x) + f(x)$$

a une solution et une seule dans (C);

5° La fonction entière de λ

$$A(\lambda) = \delta[j(\lambda x)]$$

a une infinité de zéros $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$; sa dérivée $B(\lambda)$ par rapport à $\varphi(\lambda)$ est égale à $\delta[k(\lambda, x)]$ et elle est différente de zéro pour $\lambda = \lambda_n$ quel que soit l'indice n.

Cela étant, on définit dans (A) une fonctionnelle linéaire $l_\lambda[f(x)]$ de la manière suivante : on résout dans (B) l'équation

$$D[g(x)] = \varphi(\lambda) g(x) + f(x),$$

et l'on calcule

$$\delta[g(x)] = l_\lambda[f(x)].$$

Si l'on considère maintenant une fonction de la forme

$$f(x) = \sum_{i=1}^{n} A_i j(\lambda_i x),$$

on constate sans peine que

$$A_i = \frac{l_{\lambda_i}[f(x)]}{B(\lambda_i)}.$$

Le problème suivant se pose alors naturellement : *Soit $f(x)$ une fonction de (A) telle de plus que*

$$\delta[f(x)] = 0,$$

soit encore

$$A_i = \frac{l_{\lambda_i}[f(x)]}{B(\lambda_i)}.$$

Dans quels cas la série

$$\sum_i A_i j(\lambda_i x)$$

étendue à tous les zéros de $A(\lambda)$ est-elle convergente ? Quelle relation a-t-il alors entre sa somme et la fonction $f(x)$?

Donnons maintenant un exemple important, celui des séries de Fourier des fonctions moyenne-périodiques d'une variable. La classe (A) est alors formée des fonctions à variation bornée dans l'intervalle (o, a); les fonctions de (B) sont dérivables; les fonctions de (C) sont nulles à l'origine.

L'opérateur D est l'opérateur de dérivation d/dx; la fonction $j(z)$ est la fonction exponentielle e^z; la fonction $k(\lambda; x)$ se réduit à $xe^{\lambda x}$; $\varphi(\lambda)$ se réduit à λ. L'équation

$$\frac{dg}{dx} = \lambda g(x) + f(x)$$

a une solution et une seule dans (B) quels que soient λ et $f(x)$ de (A); cette solution est donnée par

$$g(x) = \int_0^x e^{\lambda(x-\xi)} f(\xi)\, d\xi.$$

La fonctionnelle δf est définie par la formule

$$\delta[f(x)] = \int_0^a K(\xi) f(\xi)\, d\xi;$$

le noyau à variation bornée $K(\xi)$ satisfaisant à certaines conditions complémentaires qui ont été précisées ailleurs [1]. Les fonctions de (A) vérifiant la condition $\delta[f(x)] = 0$ fournissent un élément de fonction moyenne-

[1] *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 330.

périodique relativement au noyau $K(\xi)$, et nous avons montré la validité du développement

$$\frac{1}{2}[f(x+0)+f(x-0)]=\sum_i \frac{l_{\lambda_i}[f(x)]}{B(\lambda_i)}e^{\lambda_i x}$$

dans l'intervalle $(0, a)$. Ces séries comprennent, comme cas particulier, le développement classique de Fourier pour $K(\xi)\equiv 1$.

Le principe général que nous venons d'énoncer contient évidemment une grande variété de séries diverses.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le développement d'une fonction analytique de fonction analytique et sur quelques conséquences.* Note [1] de M. **Nicolas Cioranesco**, présentée par M. Émile Borel.

1. Étant donné deux fonctions $F(z)=\sum_0^\infty A_n z^n$, $\varphi(z)=\sum_0^\infty a_n z^n$ holomorphes dans $|z|<R$ et $|z|<r$, on peut obtenir, lorsque $|\varphi(o)|<R$, le développement de $F[\varphi(z)]=\sum_0^\infty C_n z^n$ à l'aide d'un algorithme dont les éléments sont :

1° une suite de polymones attachée à la fonction $f(z)=\varphi(z)-a_0$ de la manière suivante :

$$e^{xf(z)}=\sum_0^\infty \mathcal{H}_n(x)z^n; \tag{1}$$

2° une opération linéaire, la trace de la fonction $\varphi(z)$ relative à la suite $[\alpha_n]$, définie par $\varphi([\alpha_n])=\sum_0^\infty a_n\alpha_n$, en supposant que cette expression a un sens. Soit alors

$$F[\varphi(z)]=F[a_0+f(z)]=\sum_0^\infty \frac{f^n(z)}{n!}F^{(n)}(a_0)=\sum_0^\infty C_n z^n. \tag{2}$$

En comparant (1) et (2), en considérant $F^{(n)}(a_0)$ comme des puissances, on obtient

$$C_n=\mathcal{H}_n([F^{(n)}(a_0)]). \tag{3}$$

---

[1] Séance du 11 février 1935.

Par conséquent, le développement de $F[\varphi(z)]$ est réduit, quel que soit $F(z)$, au développement de $e^{xf(z)}$ suivant les puissances de z.

Cet algorithme permet un calcul des majorantes. Supposons que

(4) $$|a_n| \leqq M r^{-n}; \qquad |A_n| \leqq \mathfrak{M} R^{-n};$$

il en résulte que les polynomes $\mathcal{H}_n(x)$ sont majorés par les polynomes générés par

$$e^{\frac{Mxz}{r-z}} = \sum_0^\infty \overline{\mathcal{H}}_n(Mx)\left(\frac{z}{r}\right)^n.$$

On trouve que

$$\overline{\mathcal{H}}_n(x) = \sum_{p=1}^n C_{n-1}^{p-1}\frac{x^p}{p!}.$$

Par conséquent

(5) $$|C_n| \leqq \frac{1}{r^n}\overline{\mathcal{H}}_n(M[n!\,\mathfrak{M}R^{-n}]) = \frac{\mathfrak{M}}{R^n}\cdot\frac{M}{r^n}(M+R)^{n-1};$$

donc la série $\Sigma C_n z^n$ qui représente $F[\varphi(z)]$ est convergente si

(6) $$|z| < \frac{Rr}{M+r},$$

et cette limite ne peut pas être dépassée pour les fonctions satisfaisant aux conditions (4), car si l'on prend $F(z) = \mathfrak{M}/(R - z)$ et $\varphi(z) = Mz/(r - z)$, la fonction $F[\varphi(z)]$ a le pôle $z = Rr/M + r$.

Si l'on suppose que $f(z) = \varphi(z) - a_0$ appartient à la classe (K) de fonctions pour lesquelles on a $|a_n| \leqq kn$, alors les polynomes correspondants $\mathcal{H}_n(x)$ sont majorés par les polynomes générés par

$$e^{\frac{kxz}{(1-z)^2}} = \sum_0^\infty H_n(x) z^n.$$

On trouve que

$$H_p(x) = \sum_{p=1}^n C_{n+p-1}^{2p-1} k^p \frac{x^p}{p!}.$$

On a, pour les coefficients C_n du développement $F[\varphi(z)]$, si $\varphi(z)$ est une fonction K et $F(z)$ satisfait à (4), les inégalités

(7) $$|c_n| \leqq H_n([n!\,\mathfrak{M}R^{-n}]) = \mathfrak{M}\sum_{p=1}^n C_{n+p-1}^{2p-1} k^p R^{-p}.$$

En cherchant $\lim \sqrt[n]{|c_n|}$ pour $n \to \infty$, on trouve que la série $\Sigma c_n z^n$ converge pour $|z| < (3-\sqrt{5})/2 . R/k$ si $R < k$; pour $|z| < (3-\sqrt{5})/2$ si $R \geqq k$. Cette limite ne peut pas être améliorée, car pour

$$F(z) = \frac{1}{1-z} \quad \text{et} \quad \varphi(z) = \frac{z}{(1-z)^2},$$

on a un pôle sur le cercle $|z| = (3-\sqrt{5})/2$.

2. Le même algorithme est applicable au développement de la fonction inverse d'une fonction. Soit

$$(8) \qquad w = g(z) = \sum_0^\infty a_n z^{n+1} \quad (a_0 \neq 0) \qquad \text{et} \qquad z = \psi(w) = \sum_0^\infty \gamma_n w^{n+1}$$

les deux développements. Il s'agit d'exprimer γ_n à l'aide des a_k. On a, d'après la formule de Lagrange, $\gamma_{m-1} = 1/m! [(d^{m-1}/dz^{m-1}) . h^m(z)]_{z=0}$, où $h(z) = 1/[a_0 + f(z)]$. En appliquant la formule (3) à $F(z) = 1/(a_0+z)^m$ et $\varphi(z) = f(z)$, on trouve que

$$(9) \qquad \gamma_n = \mathcal{H}_n \{ [(-1)^p A_{n+p}^{p-1} a_0^{-(n+p+1)}] \} \qquad (n \text{ fixe}, p = 1, 2, \ldots, n).$$

Si $|a_n| \leqq M/r^{n+1}$, on trouve que

$$(10) \qquad |\gamma_n| < \frac{C_{2n}^{n-1}}{n |a_0|^{n+1} r^n} \sum_{p=1}^{n} \left(\frac{M}{|a_0| r} \right)^p < \frac{C_{2n}^{n-1}}{|a_0|^{n+1} r^n} \left(\frac{M}{|a_0| r} \right)^n$$

et, par conséquent, la série qui donne $\psi(w)$ est convergente si

$$(11) \qquad |w| < \frac{|a_0|^2 r^2}{4M},$$

cette limitation étant valable pour toutes les fonctions $g(z)$ dont les coefficients satisfont aux inégalités précédentes sans que M soit la borne supérieure de $|f(z)|$ pour $|z| = r$.

Ces résultats seront développés dans une autre publication.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *La représentation d'un demi-plan sur un demi-plan à une infinité d'incisions circulaires.* Note (¹) de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

Théorème. — *Du demi-plan* $D(|\arg W| < \pi/2)$ *on supprime les arcs circulaires* $\gamma_n(|W| = r_n,\ |\arg W| > \pi/2 - \delta_n)$ $(n = 1, 2, \ldots)$. *Pour* $n \to \infty$, $r_n \to \infty$, $\delta_n \to 0$. *On représente le domaine restant* G *sur* D *tels que les points à l'infini se correspondent. Soit* $W(Z)$ *la fonction représentatrice.*

Pour que la dérivée angulaire λ *de* $W(Z)$ *à l'infini soit positive, il suffit que la série* $\Sigma\delta_n^2$ *converge.*

M. L. Ahlfors a obtenu les résultats suivants : si les rapports r_{n+1}/r_n sont bornés inférieurement par un nombre > 1, alors : 1° la convergence de $\Sigma\delta_n$ suffit; 2° celle de $\Sigma\delta_n^2$ est nécessaire pour que λ soit positive (²).

1. Supposons que $\Sigma\delta^2$ converge. La fonction

$$w(z) = w(x + iy) = u + iv = \log\frac{z + 1 - i(z - 1)}{z + 1 + i(z - 1)}$$

représente le demi-plan $D(x > 0)$ sur la bande $B(|v| < \pi/2)$ tel que $w(1) = 0$, $w(0) = \pi i/2$. L'image du segment $(x = 0,\ |y| \leqq b < 1)$ est le segment $[v = \pi/2,\ |u| \leqq \log(1 + b) - \log(1 - b)]$.

Soit $0 < \delta < \pi/2\sqrt{2}$. La fonction

$$\zeta(z) = \xi + i\eta = i\left(\frac{\pi}{2} - \delta\sqrt{1 + \frac{z^2}{b^2}}\right)$$

représente D sur le domaine Δ obtenu en supprimant du demi-plan $\eta < \pi/2$ le segment $\sigma(\xi = 0,\ \pi/2 - \delta \leqq \eta < \pi/2)$. On a $\zeta(0) = i(\pi/2 - \delta)$. Les deux bords du segment σ correspondent aux deux segments $x = 0$, $|y| \leqq b$. Choisissons b tel que $\zeta(1) = 0$, donc

$$b = \frac{2\delta}{\sqrt{\pi^2 - 4\delta^2}} < 1, \qquad \text{parce que } \delta < \frac{\pi}{2\sqrt{2}}.$$

2. Considérons maintenant le domaine Γ obtenu en supprimant de la

(¹) Séance du 11 février 1935.

(²) *Acta Soc. Sc. Fenn.*, nova series, A, n° 9, 1930, p. 40.

bande $|\eta| < \pi/2$ les segments

$$\sigma_n\left(\xi = \xi_n, \frac{\pi}{2} > |\eta| \geq \frac{\pi}{2} - \delta_n\right), \qquad n = 1, 2, \ldots, \xi_n \to +\infty \quad \text{et} \quad \delta_n \to 0 \quad \text{pour} \quad n \to \infty.$$

Représentons Γ sur B par une fonction $w(\zeta)$ tel que $u \to +\infty$ pour $\xi \to +\infty$. On sait que pour $n \to \infty$ l'oscillation de $w - \zeta$ sur le segment $(\xi = \xi_n, |\eta| \leq \pi/2)$ tend vers zéro (¹). Soit

$$w(\xi_n) = w_n = u_n - iv_n \quad \text{et} \quad w\left(\xi_n + \frac{\pi i}{2} - i\delta_n\right) = w_n^* = u_n^* - \frac{\pi i}{2}.$$

Alors $v_n \to 0$ et $u_n - u_n^* \to 0$ pour $n \to \infty$.

Γ fait partie du domaine Δ_n obtenu en supprimant du demi-plan $\eta < \pi/2$ le seul segment $\bar{\sigma}_n(\xi = \xi_n, \pi/2 > \eta > \pi/2 - \delta_n)$. D'après un théorème connu, la longueur ε_n de l'image de $\bar{\sigma}_n$ dans la représentation de Γ sur B est plus petite que la longueur de l'image que $\bar{\sigma}_n$ obtient quand Δ_n est représenté sur B tel que ξ_n correspond à $w_n = w(\xi_n)$ et que $\xi_n + \pi i/2 - i\delta_n$ correspond à $w_n^* = w(\xi_n + \pi i/2 - i\delta_n)$. Donc, en vertu de $v_n \to 0$, $u_n - u_n^* \to 0$ pour $n \to \infty$ et de ce que nous avons trouvé au n° 2 nous pouvons conclure que pour n assez grand

$$\varepsilon_n < 4 \log \frac{1 + b_n}{1 - b_n}, \qquad \text{où} \quad b_n = 2\delta_n(\pi^2 - 4\delta_n^2)^{-\frac{1}{2}}.$$

Par suite ε_n/δ_n est borné. Même conclusion pour les segments

$$\left(\xi = \xi_n, -\frac{\pi}{2} < \eta \leq -\frac{\pi}{2} + \delta_n\right).$$

D'autre part on sait que la convergence des deux intégrales

$$\int^{\infty}\left[\eta\left(u - \frac{\pi i}{2}\right) + \frac{\pi}{2}\right]du \quad \text{et} \quad \int^{\infty}\left[\frac{\pi}{2} - \eta\left(u + \frac{\pi i}{2}\right)\right]du$$

suffit pour que $w - \zeta$ tende vers une limite finie pour $\xi \to +\infty$. Or la convergence de la série $\Sigma\delta_n^2$ entraîne celle de $\Sigma\varepsilon_n\delta_n$ et cette dernière série est une majorante pour chacune des deux intégrales, donc $w - \zeta$ tend vers une limite finie pour $\xi \to +\infty$.

Notre théorème s'obtient par la transformation

$$W = e^w, \qquad Z = e^\zeta.$$

(¹) Voir par exemple *Compositio Mathematica*, I, 2, 1934, p. 222.

MÉCANIQUE. — *Moment cinétique et moment dynamique.* Note [1] de M. **Edouard Lainé**, présentée par M. Henri Villat.

1. Considérons un système matériel S, de masse totale μ, de centre de gravité G. Soient M une molécule du système, m sa masse, $\overrightarrow{V_M}$ et $\overrightarrow{\Gamma_M}$ sa vitesse et son accélération, $\overrightarrow{F_M}$ la résultante des forces qui agissent sur cette molécule. O désignant un point *fixe*, le théorème classique des moments cinétiques a pour expression

$$\frac{d}{dt}\left[\Sigma\overrightarrow{OM}\wedge m\overrightarrow{V_M}\right]=\Sigma\overrightarrow{OM}\wedge\overrightarrow{F_M}, \tag{1}$$

la somme Σ étant étendue à toutes les molécules de S.

J'ai déjà signalé à diverses reprises [2] que l'on pouvait appliquer ce théorème en remplaçant le point *fixe* O par un point *mobile* I animé d'une vitesse quelconque, sous réserve d'ajouter au second membre de (1) un terme correctif; on obtient ainsi une équation généralisée des moments cinétiques qui s'écrit

$$\frac{d}{dt}\left(\Sigma\overrightarrow{IM}\wedge m\overrightarrow{V_M}\right)=\Sigma\overrightarrow{IM}\wedge\overrightarrow{F_M}-\mu\overrightarrow{V_I}\wedge\overrightarrow{V_G}. \tag{2}$$

Le terme correctif disparaît si I coïncide avec G, et l'on retrouve un théorème classique. Il disparaît encore si la vitesse de I est parallèle à celle de G.

2. Pratiquement, le calcul du premier membre de l'équation (2) exige certaines précautions, ce qui peut parfois rendre illusoire l'avantage de la forme généralisée à laquelle correspond cette équation : ceci m'a conduit à la transformer en introduisant la notion de *moment dynamique*.

On applle [3] *moment dynamique* de la molécule M par rapport à un point O le vecteur $\overrightarrow{OM}\wedge m\overrightarrow{\Gamma_M}$; le moment dynamique du vecteur M par rapport à O sera alors le vecteur $\Sigma\overrightarrow{OM}\wedge m\overrightarrow{\Gamma_M}$. La relation évidente

$$\frac{d}{dt}\Sigma\overrightarrow{OM}\wedge m\overrightarrow{V_M}=\Sigma\overrightarrow{OM}\wedge m\overrightarrow{\Gamma_M}$$

---

[1] Séance du 11 février 1935.

[2] Voir par exemple *Revue de Mathématiques spéciales*, 43, juillet 1933, p. 556.

[3] On pourrait aussi, dans le même ordre d'idées, introduire la notion de *résultante dynamique* d'un système.

montre que le moment dynamique n'est autre que la dérivée par rapport au temps du moment cinétique quand le point O est fixe. Le théorème des moments cinétiques s'énonce alors simplement :

Le moment dynamique d'un système par rapport à un point fixe O *est égal au moment résultant par rapport à* O *des forces extérieures agissant sur le système.*

LEMME. — La suite d'égalités évidentes

$$\Sigma \overrightarrow{OM} \wedge m \vec{\Gamma}_M = \Sigma \overrightarrow{OG} \wedge m \vec{\Gamma}_M + \Sigma \overrightarrow{GM} \wedge m \vec{\Gamma}_M = \overrightarrow{OG} \wedge \mu \vec{\Gamma}_G + \Sigma \overrightarrow{GM} \wedge m \vec{\Gamma}_M$$

montre que *le moment dynamique d'un système par rapport à un point* O *est égal au moment dynamique, par rapport à* O, *de la masse totale placée au centre de gravité* G, *augmenté du moment dynamique par rapport à* G *dans le mouvement autour de* G.

3. Nous pouvons alors remplacer le théorème classique des moments cinétiques par un théorème analogue mais beaucoup plus général. En effet le premier membre de l'équation (2) se transforme de la façon suivante :

$$\frac{d}{dt}\left(\Sigma \overrightarrow{IM} \wedge m \vec{V}_M\right) = \Sigma \overrightarrow{IM} \wedge m \vec{\Gamma}_M + \Sigma\left(\vec{V}_M - \vec{V}_I\right) \wedge m \vec{V}_M = \Sigma \overrightarrow{IM} \wedge m \vec{\Gamma}_M - \mu \vec{V}_I \wedge \vec{V}_G.$$

L'équation (2) prend alors la forme simple

$$\Sigma \overrightarrow{IM} \wedge m \vec{\Gamma}_M = \Sigma \overrightarrow{IM} \wedge \vec{F}_M. \tag{3}$$

que l'on pourrait d'ailleurs obtenir directement [1]. Autrement dit le théorème des moments dynamiques s'applique par rapport à un point quelconque, *fixe ou mobile*, sans aucune espèce de terme correctif.

En choisissant par exemple comme point I dans l'équation (3) le point d'application d'une force de liaison inconnue en grandeur et en direction, on la fera immédiatement disparaître des équations du mouvement, ce qui ne serait pas possible par l'emploi du théorème des moments cinétiques sous sa forme classique.

Notons en terminant que la disparition du terme correctif et l'utilisation du lemme énoncé précédemment rendent l'emploi de l'équation (3) particulièrement aisé.

---

[1] En effet, la relation fondamentale $m\vec{\Gamma}_M = \vec{F}_M$ entraîne immédiatement, *que le point* I *soit ou non mobile*, $\overrightarrow{IM} \wedge m\vec{\Gamma}_M = \overrightarrow{IM} \wedge \vec{F}_M$, et il en résulte l'équation (3), le second membre pouvant évidemment être débarrassé des forces intérieures.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur quelques processus de déterminisme partiel.* Note (1) de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'impossibilité d'atteindre par l'expérience les propriétés individuelles ou même locales, favorise le recours aux *collectifs d'éléments limites*, rencontrés déjà par Cauchy à propos du rayon de convergence d'une série entière. M. H. Lebesgue en montra la portée physique, en notant que la masse, à l'encontre de la densité, s'offre à la mesure directe (2). En chaque point d'une répartition massique peuvent coexister une densité supérieure et une densité inférieure, termes extrêmes d'un collectif de densités. La même tendance s'est étendue à la géométrie grâce aux notions infinitésimales directes dont les prototypes sont le contingent et le paratingent ordinaires. En mécanique, le même effort peut se prolonger aux problèmes où, par le jeu de résistances passives imparfaitement connues, les équations différentielles font place à des inégalités de même nature ne déterminant qu'en partie l'évolution du système.

Cette remarque explicite la portée concrète de résultats géométriques récents, obtenus d'abord par M. S. K. Zaremba à l'aide du paratingent (3), puis par M. A. Marchaud, à l'aide du contingent (4). Les adaptant à notre objet, nous allons les compléter aussi à divers titres.

Soit R une région de l'espace euclidien à k dimensions, balayée par les variétés de niveau V_{k-1} d'un champ scalaire X, déduites de variétés linéaires parallèles L_{k-1} par une opération du groupe topologique restreint. A chaque point m de R, attachons le domaine conique convexe $C(m)$ tel que l'angle d'une génératrice avec la V_{k-1} passant en m surpasse un angle aigu fixe $\varphi_0 > 0$, ce domaine limité à ses points assez proches de m se trouvant en entier, par rapport à cette V_k du côté des X croissants. Il existe alors des lignes l dont le contingent postérieur est dans $C(m)$, le contingent antérieur étant dans le demi-cône opposé. Dans la région $X \geqq X_0$, toutes les l émanées d'un point de $X = X_0$ recouvrent une nouvelle région r dont la frontière est un continu partageant le voisinage de chacun de ses

(1) Séance du 11 février 1935.

(2) *Notice sur ses travaux scientifiques*, p. 24, Toulouse, Privat, 1922.

(3) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 545-548.

(4) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1278-1280.

points en deux domaines, soumis en chaque point de leur frontière commune à une condition d'inclusion conique, satisfaite bilatéralement ([1]); donc la frontière de r est une V_{k-1} à paratingent incomplet, qui relativement à notre champ de cônes, joue le rôle d'une *intégrale contingente* ([2]). Pour les applications, on peut d'ailleurs se limiter aux l qui sont des *caractéristiques*, selon M. S. K. Zaremba, le paratingent étant inclus dans $C(m)$ et son opposé. — Exemple : un solide tourne autour d'un axe fixe avec un frottement déterminé d'une manière imprécise; en fonction du temps t, le diagramme de la vitesse angulaire ω est une ligne dont le paratingent en chaque point est dans un pinceau de droites à pentes négatives, donnant la tendance actuelle à un décrément de vitesse angulaire, dont l'ouverture du pinceau traduit l'incertitude. Ici X joue le rôle du temps.

A côté des problèmes réels où un déterminisme plus accentué s'affirme, à mesure que se réduit, dans un espace ayant le nombre voulu de dimensions, le diamètre angulaire maximum du cône d'indécision, on rencontre des exemples de déterminisme partiel irréductibles à la forme précédente. Ainsi dans le mouvement, autour d'un point fixe O, d'un gyroscope en rotation de plus en plus rapide (ceci, aux instants initiaux d'une suite d'expériences), il y aurait à la limite, indétermination totale de la direction de cheminement du centre de gravité, ce qui n'empêche pas ce point de rester *à distance très petite d'une courbe de longueur bornée*; la durée de ce voisinage peut être notable, elle dépend de l'importance du travail des résistances passives, par rapport à l'énergie cinétique initiale. Dans l'analyse limite d'un phénomène de ce genre, contingent et paratingent, devenus

([1]) G. Bouligand, *Géométrie infinitésimale directe et physique mathématique classique* (*Mémorial des Sciences math.*, fasc. LXXI, 1935, n° 9, p. 19).

([2]) *Loc. cit.*, p. 45-49. En disant que notre V_{k-1} est une intégrale contingente, nous affirmons d'abord que son ctg. ne contient pas de rayon intérieur à $C(m)$ ou à son opposé, ensuite qu'il contient au moins un rayon situé sur la frontière de l'un de ces demi-cônes. Cf. G. Bouligand, *Rendic. dei Lincei*, 12, 1930, p. 27-30. Dès ma Note : *Problèmes connexes des enveloppes de M. G. Durand* (*Comptes rendus*, 189, 1929, p. 447) j'introduisais au nom près les intégrales contingentes et leur génération par réunion de conoïdes caracteristiques (réunion qui se présente ci-dessus quand on passe à l'émission d'un ensemble fermé). De plus, suivant M. E. Vessiot [*Propagation par ondes* (*Ann. Éc. Norm.*, 3e série, 26, 1909, p. 405-448], on ramène, dans un milieu transmetteur variable avec le temps, une intégrale contingente aux positions successives d'un front d'onde, en même temps qu'on la lie à un nouveau problème de minimum absolu, d'où une seconde interprétation physique donnée aux résultats de M. A. Marchaud.

inefficaces, cèdent le pas à des processus qui comportent des opérations de moyennes.

Ces divers points seront l'objet d'un exposé détaillé qui paraîtra dans un autre Recueil.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur les corrections à apporter aux caractéristiques aérodynamiques d'une cellule biplane expérimentée dans une soufflerie à veine circulaire guidée ou libre.* Note [1] de M. **Miroslav Nénadovitch**, présentée par M. Henri Villat.

Supposons une veine circulaire, guidée ou libre, de diamètre $D = 2R$. Soient deux ailes sustentatrices d'envergure L_1 et L_2, de surfaces S_1 et S_2, disposées horizontalement dans la veine et aux distances : h_1 et h_2 par rapport au centre de la veine fluide. Désignons L_1, S_1, h_1 l'aile supérieure et par L_2, S_2, h_2 l'aile inférieure. Nous allons admettre une distribution uniforme des circulations Γ_1 et Γ_2 le long de l'envergure L_1 et L_2.

Les conditions de limitation de la veine fluide, guidée ou libre, imposent quatre demi-tourbillons comme images des demi-tourbillons libres des ailes réelles, disposées suivant les directions α et β. Le sens des demi-tourbillons images étant $\mp\Gamma$ suivant qu'on a veine-guidée ou veine-libre.

Le potentiel complexe complémentaire provenant d'un système de tourbillons situés aux emplacements des demi-tourbillons images s'écrit

$$
\begin{aligned}
f_c(z) = & \pm \frac{\Gamma_1}{2\pi i} \operatorname{Log}\left(z + \frac{2R^2}{\sqrt{L_1^2 + 4h_1^2}} e^{-i\alpha} \right) \mp \frac{\Gamma_1}{2\pi i} \operatorname{Log}\left(z - \frac{2R^2}{\sqrt{L_1^2 + 4h_1^2}} e^{i\alpha} \right) \\
& \pm \frac{\Gamma_2}{2\pi i} \operatorname{Log}\left(z + \frac{2R^2}{\sqrt{L_2^2 + 4h_2^2}} e^{i\beta} \right) \mp \frac{\Gamma_2}{2\pi i} \operatorname{Log}\left(z - \frac{2R^2}{\sqrt{L_2^2 + 4h_2^2}} e^{-i\beta} \right).
\end{aligned}
$$

La vitesse induite au point $z = y + ih_1$ de l'aile supérieure sera

$$
\begin{aligned}
w_{y_1} = & \pm \frac{\Gamma_1}{4\pi i} \frac{1}{y + h_1 i + \dfrac{2R^2}{\sqrt{L_1^2 + 4h_1^2}} e^{-i\alpha}} \mp \frac{\Gamma_1}{4\pi i} \frac{1}{y + h_1 i - \dfrac{2R^2}{\sqrt{L_1^2 + 4h_1^2}} e^{i\alpha}} \\
& \pm \frac{\Gamma_2}{4\pi i} \frac{1}{y + h_1 i + \dfrac{2R^2}{\sqrt{L_2^2 + 4h_2^2}} e^{i\beta}} \pm \frac{\Gamma_2}{4\pi i} \frac{1}{y + h_1 i - \dfrac{2R^2}{\sqrt{L_2^2 + 4h_2^2}} e^{-i\beta}},
\end{aligned}
$$

---

[1] Séance du 11 février 1935.

et la vitesse induite moyenne sur toute l'envergure L_1 sera

$$w_{m_1} = \frac{1}{L_1}\int_{-\frac{L_1}{2}}^{+\frac{L_1}{2}} w_{y_1}\,dy.$$

Pour w_{m_2} il faudrait effectuer un calcul analogue.

Admettons, d'après la théorie, $\Gamma_1 = S_1 V_0 C_{z_1}/2L_1$, $\Gamma_2 = S_2 V_0 C_{z_2}/2L_2$ et $S_0 = D^2\pi/4$, les corrections pour $\Delta\alpha$ et ΔC_x seront

$$\Delta\alpha_1 = \pm\left[\frac{S_1}{32S_0}\delta_1 + \frac{S_2}{32S_0}\left(\frac{C_{z_2}}{C_{z_1}}\right)\delta\right]C_{z_1},$$

$$\Delta C_{x_1} = \pm\left[\frac{S_1}{32S_0}\delta_1 + \frac{S_2}{32S_0}\left(\frac{C_{z_2}}{C_{z_1}}\right)\delta\right]C_{z_1}^2,$$

pour l'aile supérieure et, pour l'aile inférieure,

$$\Delta\alpha_2 = \pm\left[\frac{S_2}{32S_0}\delta_2 + \frac{S_1}{32S_0}\left(\frac{C_{z_1}}{C_{z_2}}\right)\delta\right]C_{z_2},$$

$$\Delta C_{x_2} = \pm\left[\frac{S_2}{32S_0}\delta_2 + \frac{S_1}{32S_0}\left(\frac{C_{z_1}}{C_{z_2}}\right)\delta\right]C_{z_2}^2$$

avec

$$\delta_1 = \frac{D^2}{L_1^2}\,\mathrm{Log}\,\frac{\left(\frac{L_1^2}{D^2}+\frac{4h_1^2}{D^2}\right)^2 + 2\left(\frac{L_1^2}{D^2}-\frac{4h_1^2}{D^2}\right)+1}{\left(\frac{L_1^2}{D^2}+\frac{4h_1^2}{D^2}\right)^2 - 2\left(\frac{L_1^2}{D^2}+\frac{4h_1^2}{D^2}\right)+1},$$

$$\delta_2 = \frac{D^2}{L_2^2}\,\mathrm{Log}\,\frac{\left(\frac{L_2^2}{D^2}+\frac{4h_2^2}{D^2}\right)^2 + 2\left(\frac{L_2^2}{D^2}-\frac{4h_2^2}{D^2}\right)+1}{\left(\frac{L_2^2}{D^2}+\frac{4h_2^2}{D^2}\right)^2 - 2\left(\frac{L_2^2}{D^2}+\frac{4h_2^2}{D^2}\right)+1},$$

$$\delta = \frac{D^2}{L_1L_2}\,\mathrm{Log}\,\frac{\left(\frac{L_1^2}{D^2}+\frac{4h_1^2}{D^2}\right)\left(\frac{L_2^2}{D^2}+\frac{4h_2^2}{D^2}\right) + 2\left(\frac{L_1L_2}{D^2}+\frac{4h_1h_2}{D^2}\right)+1}{\left(\frac{L_1^2}{D^2}+\frac{4h_1^2}{D^2}\right)\left(\frac{L_2^2}{D^2}+\frac{4h_2^2}{D^2}\right) - 2\left(\frac{L_1L_2}{D^2}-\frac{4h_1h_2}{D^2}\right)+1}.$$

Pour le cas particulier $h_1 = 0$, $h_2 = h$ qui se présente souvent à cause de la commodité expérimentale, en admettant aussi $L_1 = L_2 = L$, $S_1 = S_2 = S$, on a

$$\Delta\alpha_1 = \pm\frac{S}{32S_0}\left[\delta_1 + \delta\left(\frac{C_{z_2}}{C_{z_1}}\right)\right]C_{z_1}, \qquad \Delta C_{x_1} = \pm\frac{S}{32S_0}\left[\delta_1 + \delta\left(\frac{C_{z_2}}{C_{z_1}}\right)\right]C_{z_1}^2,$$

$$\Delta\alpha_2 = \pm\frac{S}{32S_0}\left[\delta_2 + \delta\left(\frac{C_{z_1}}{C_{z_2}}\right)\right]C_{z_2}, \qquad \Delta C_{x_2} = \pm\frac{S}{32S_0}\left[\delta_2 + \delta\left(\frac{C_{z_1}}{C_{z_2}}\right)\right]C_{z_2}^2$$

avec

$$\delta_1 = \frac{2D^2}{L^2}\,\mathrm{Log}\,\frac{1+\dfrac{L^2}{D^2}}{1-\dfrac{L^2}{D^2}},$$

$$\delta_2 = \frac{D^2}{L^2}\,\mathrm{Log}\,\frac{\left(\dfrac{L^2}{D^2}+\dfrac{4h^2}{D^2}\right)^2+2\left(\dfrac{L^2}{D^2}-\dfrac{4h^2}{D^2}\right)+1}{\left(\dfrac{L^2}{D^2}+\dfrac{4h^2}{D^2}\right)^2-2\left(\dfrac{L^2}{D^2}+\dfrac{4h^2}{D^2}\right)+1},$$

$$\delta = \frac{D^2}{L^2}\,\mathrm{Log}\,\frac{\left(\dfrac{L^2}{D^2}+\dfrac{D^2}{L^2}\right)+\dfrac{4h^2}{D^2}+2}{\left(\dfrac{L^2}{D^2}+\dfrac{D^2}{L^2}\right)+\dfrac{4h^2}{D^2}-2}.$$

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur deux inégalités et sur l'aplatissement d'une figure d'équilibre d'un fluide homogène en rotation autour d'un axe fixe.* Note de M. **Émile Merlin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Considérons n suites croissantes

$$a_1^i,\quad a_2^i,\quad \ldots,\quad a_{2p-1}^i,\quad a_{2p}^i \qquad (i=1,2,\ldots,n),$$

composées d'un même nombre pair $2p$ de nombres positifs ou nuls et posons

$$a_2^i - a_1^i + \ldots + a_{2p}^i - a_{2p-1}^i = A_p^i,$$
$$(a_2^1\ldots a_2^n - a_1^1\ldots a_1^n) + \ldots + (a_{2p}^1\ldots a_{2p}^n - a_{2p-1}^1\ldots a_{2p-1}^n) = B_p^n.$$

On a

$$A_p^1 A_p^2 \ldots A_p^n - B_p^n \leqq 0. \tag{1}$$

Si les sommes A_p^i deviennent des séries convergentes dont le terme général est $a_{2p}^i - a_{2p-1}^i$ et si les suites a_i^k (k étant entier positif) sont bornées, le théorème subsiste. En particulier, on a, n désignant, ici et dans la suite, un exposant,

$$(a_2 - a_1 + \ldots + a_{2p} - a_{2p-1} + \ldots)^n \leqq a_2^n - a_1^n + \ldots + a_{2p}^n - a_{2p-1}^n + \ldots. \tag{2}$$

2. Soient a et b deux nombres positifs ou nuls, on a, n étant entier positif,

$$a^n - b^n \geqq n(a-b)b^{n-1}.$$

Par suite, si $a(x_1, \ldots, x_q)$, $b(x_1, \ldots, x_q)$ désignent deux fonctions bornées, non négatives et intégrables dans un domaine fini Ω, d'élément $d\omega$,

$$(3) \qquad \int\cdots\int_{\Omega}(a_n - b^n)\,d\omega \geq n\int\cdots\int_{\Omega}(a-b)\,b^{n-1}\,d\omega.$$

3. Considérons un domaine fini Ω de l'espace à q dimensions. A chaque point $(x_1, \ldots, x_q)$ de cet espace, faisons correspondre un nombre fini ou infini d'intervalles $u_1 = a_2 - a_1, \ldots, u_p = a_{2-p} - a_{2p-1}, \ldots$, tels que les fonctions, non négatives, $a_1, \ldots, a_{2p}, \ldots$ forment une suite croissante et bornée, et soient intégrables dans Ω, et que la série $u_1 + \ldots + u_p + \ldots$ y soit uniformément convergente. Appelons valeur moyenne d'ordre n, dans Ω, de l'ensemble de ces intervalles, le nombre ρ_n défini par l'équation

$$\int\cdots\int_{\Omega}(a_2^n - a_1^n + \ldots + a_{2p}^n - a_{2p-1}^n + \ldots)\,d\omega = \rho_n^n\,\Omega.$$

Des inégalités (2) et (3), on déduit que *la valeur moyenne d'ordre n de l'ensemble considéré est supérieure ou égale à la valeur moyenne d'ordre un de cet ensemble.*

4. Rapportons un corps homogène limité V, de densité ρ, à des coordonnées cylindriques φ, r, z. Admettons que sur toute demi-droite issue de l'axe oz, et perpendiculaire à celui-ci, les coordonnées des limites des segments qui appartiennent au corps, soient des fonctions intégrables de φ et z, ces segments étant en nombre fini ou formant une série uniformément convergente. Considérons la valeur moyenne d'ordre quatre de l'ensemble de ces segments ainsi que leur valeur moyenne d'ordre deux. Il résulte de ce qui précède que la seconde est inférieure ou égale à la première. Si I et V désignent respectivement, le moment d'inertie du corps par rapport à oz, et son volume, et si Z est la plus grande différence de cotes de deux points du corps, on a

$$(4) \qquad Z \geq \frac{V^2\rho}{2\pi I}.$$

5. Supposons que le corps V soit un fluide homogène, en équilibre de rotation autour de oz, ω désignant la vitesse angulaire uniforme et f la constante universelle de Gauss. Appelons R la plus grande distance à l'axe oz d'un point de la frontière. En vertu du théorème de Lichtenstein, démontrant l'existence d'un plan de symétrie équatorial, ce point se trouve

dans le plan de l'équateur (¹). Le théorème du paragraphe 3 permet d'établir aisément la proposition de E. Schmidt (²) en vertu de laquelle, si l'on exclut la sphère,

$$R < \frac{4\pi f \rho}{\omega^2} \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}. \tag{5}$$

6. Appelons α le rayon de la sphère équivalente au volume V et μ le moment de rotation du fluide par rapport à oz. De (4) et (5), on déduit que, si la figure d'équilibre est aplatie, son aplatissement $\epsilon = 1 - Z/2R$ a pour limite supérieure

$$1 - \frac{1}{9} \frac{\omega^3 \alpha^5}{f \mu}.$$

GÉOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude des vents de sable. Photographie des vents de sable.* Notes (³) de MM. **Combier** et **Poidebard**, présentées par M. Georges Perrier.

NOTE DE M. COMBIER.

Au cours des études de photographie aérienne poursuivies par M. Poidebard, en été 1934, à la demande du Ministère de l'Air et avec la collaboration de l'Aviation du Levant, plusieurs séries de clichés de vents de sable ont été obtenues : le 2 mai, du sol, à Palmyre et à Rayak, et le 6 juillet, d'avion, à Deyr ez Zor sur l'Euphrate.

De ces trois séries peuvent être tirées des conclusions intéressantes sur la constitution interne des vents de sable du Désert de Syrie. Elles confirment leur genèse par des mouvements tourbillonnaires à axe horizontal.

Ces conclusions seront développées avec les détails nécessaires.

Pour l'étude photographique des vents de sable (émulsions et écrans), les deux séries prises, l'une du sol à Rayak (2 mai), l'autre d'avion à Deyr ez Zor (6 juillet), sont les plus importantes.

1. *Série de Rayak* (2 mai) (⁴). — Deux émulsions ont été employées

---

(¹) LICHTENSTEIN, *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften*, 48, 1918, p. 1120 à 1135.

(²) E. SCHMIDT, *Bemerkungen zur Potentialtheorie, Schwarz-Festschrift*. Berlin, 1914, p. 365 à 383.

(³) Séance du 11 février 1935.

(⁴) Le vent de sable fut photographié à la même heure, le 2 mai, à Rayak par l'adjudant Guillerme du Service photographique et à Palmyre par M. Poidebard.

simultanément : une orthochromatique (plaque lumichrome) et une panchromatique (Guilleminot 2000 H. et D.).

Utilisées sans écran, elles ne sont pas équivalentes au point de vue de la pénétration dans la brume. Il y a supériorité marquée pour la panchromatique.

Avec un écran jaune faible (aéro n° 1), la panchromatique fait mieux ressortir les lointains et précise quelques détails dans le mur de sable.

Des hangars d'aviation, presque entièrement voilés et invisibles à l'œil, apparaissent nettement sur la plaque.

Dans une vue prise simultanément avec orthochromatique sans écran et panchromatique avec écran jaune foncé (aéro n° 2), la panchromatique avec écran jaune a plus de contrastes dans les premiers plans, plus de netteté et de détails dans les horizons. Premiers plans et horizons restent empâtés par le sable dans l'orthochromatique.

2. *Série de Deyr ez Zor* (6 juillet). — Grâce à l'habileté du pilote (lieutenant Loquinaire, chef du Service photographique du 39ᵉ régiment d'aviation), le mur de sable a pu être étudié en détails, même à distance relativement courte, donc déjà dans les remous qui précèdent ces phénomènes.

Les plaques panchromatiques ont été uniquement employées, mais avec écran rouge clair.

Les contours et les détails y apparaissent considérablement plus nets qu'avec les écrans jaunes. Le paysage n'est plus voilé, mais à peine grisaillé par la brume qui se diffuse autour des régions actives du vent de sable.

Le temps a manqué cette année pour essayer les rayons de plus grande longueur d'onde; mais, dès aujourd'hui, il ne semble pas téméraire d'espérer que la photographie sous écran rouge permettra de percer la brume de sable, fréquente en Syrie au printemps (de février à mai ou juin), dans les dépressions de Khamsin venant du Sahara.

NOTE DE M. POIDEBARD.

1. Dans le *vent de sable de Palmyre* (2 mai), l'intérieur du nuage qui recouvrit la ville pendant une demi-heure a présenté une atmosphère nettement colorée en rouge brique, sous l'influence de la lumière du Soleil filtrée par le sable.

2. Pour l'étude photographique du vent de sable, il convient de distinguer :

a) *le nuage, ou mur, de sable*, plus ou moins dense et opaque;

b) *la brume de sable* diffusée à proximité immédiate de la zone active;

c) *l'atmosphère salie par le vent de sable précédent*, qui devient brume éblouissante sous l'éclairement du Soleil.

Les expériences de 1934 commencent à montrer qu'avec une émulsion panchromatique sensible au rouge et employée sous écran rouge clair, il est possible :

a) de sertir le nuage de sable et d'en obtenir les contours;

b) de pénétrer la brume de sable avoisinant la zone active;

c) d'obtenir, en atmosphère éblouissante de la période des vents de sable, des clichés à détails nets et à contraste.

Cette pénétration semble fonction de l'orientation et de l'inclinaison de prise de vues. Les lois en seront étudiées plus méthodiquement au cours des expériences de 1935.

GÉODÉSIE. — *Observations de l'intensité de la pesanteur aux Philippines, en Malaisie et aux Indes Néerlandaises.* Note (¹) de M. **P. Lejay**, présentée par M. Georges Perrier.

Le tableau ci-contre donne les valeurs de l'intensité de la pesanteur observées à l'appareil Holweck-Lejay aux stations suivantes : 4 dans Luzon, 1 en Mindanao, 2 aux Célèbes, 1 en chacune des îles : Ternate, Amboyne, Banda, Timor et Florès, 5 dans Bali et 14 couvrant la moitié ouest de Java (²).

(¹) Séance du 28 janvier 1935.

(²) Pour la comparaison de nos résultats avec ceux de M. Vening-Meinesz, dans la même région, voir *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 345.

Campagne Manille-Batavia.

Nom.	Lat.	Long.	Alt.	δ.	Dates.	T_1.	g.	$g-g_0$.	g_0.	$g-g''_0$.	g''_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	n.	ε.
	° ′	° ′	m		1933	s	g	mg	g	mg	g	g	mg	mg	g	mg	mg		
Manille............	14.34,7	120.58,9	4	2,5	29 XII	5,2638	978,359	1	978,360	1	978,360	978,357	3	3	978,375	—15	—15	20	0,2
Binalonan..........	16. 2,7	120.35,4	43	2,5	30 »	5,2747	978,393	13	978,406	9	978,402	978,424	—18	—22	978,442	—36	—40	18	0,3
Baguio............	16.25	120.35	1512	2,6	31 »	5,2136	978,201	467	978,668	296	978,497	978,442	226	55	978,460	208	37	18	0,2
					1934														
San Pablo (Laguna).	14. 4,3	121.19,5	102	2,5	2 I	5,2593	978,345	31	978,376	20	978,365	978,335	41	30	978,353	23	12	15	0,2
Manille............	14.34,7	120.58,9	4	2,5	2 »	5,2634	978,358	1	978,359	1	978,359	978,357	2	2	978,375	—16	—16	9	0,2
Zamboanga.........	6.54	122. 4	10	2,5	5 »	5,2250	978,237	3	978,240	2	978,239	978,105	135	134	978,124	116	115	15	0,2
Menado............	1.29	124.50	7	2,5	7 »	5,2161	978,209	2	978,211	1	978,210	978,034	177	176	978,053	158	157	15	0,3
Kema..............	1.21,2	125. 4,8	0	2,5	8 »	5,2190	978,218	0	978,218	0	978,218	978,034	184	184	978,052	166	166	14	0,2
Ternate............	0.47	127.22	4	2,7	11 »	5,2117	978,195	1	978,196	1	978,196	978,031	165	165	978,050	146	146	17	0,3
Kasiroeta..........	—0.26,2	127.15,9	1	2,7	13 »	5,2219	978,228	0	978,228	0	978,228	978,030	198	198	978,049	179	179	9	0,2
Amboine...........	—3.42	128.10,8	4	2,5	15 »	5,2079	978,183	1	978,184	1	978,184	978,051	133	133	978,070	114	114	17	0,3
Banda.............	—4.31,5	129.53,7	4	2,6	17 »	5,2335	978,264	1	978,265	1	978,265	978,062	203	203	978,081	184	184	19	0,2
Dilbi..............	—8.39	125.34	5	2,5	19 »	5,2270	978,244	2	978,246	1	978,245	978,146	100	99	978,165	81	80	13	0,2
Flores (Endeh).....	—8.50	121.39	8	2,5	23 »	5,2351	978,269	2	978,271	2	978,271	978,151	120	120	978,170	101	101	11	0,2
Den Passar.........	—8.39,5	115.12,9	25	2,5	25 »	5,2226	978,230	8	978,238	5	978,235	978,146	92	89	978,165	73	70	12	0,4
Kintamani..........	—8.14,5	115.19,5	1506	2,6	26 »	5,1307	977,927	465	978,392	295	978,222	978,136	256	86	978,155	237	67	15	0,2
Bratan lac..........	—8.17	115.10,1	1232	2,6	28 »	5,1524	977,999	380	978,379	241	978,240	978,137	242	103	978,156	223	84	12	0,3
Nogara............	—8.21,4	114.37,4	11	2,5	28 »	5,2292	978,251	3	978,254	2	978,253	978,138	116	115	978,157	97	96	15	0,2
Padang bay.........	—8.30,9	115.30,6	4	2,5	31 »	5,2365	978,273	1	978,274	1	978,274	978,143	131	131	978,162	112	112	15	0,4
Batavia............	—6. 5,6	106.53	6	2,5	4 II	5,2004	978,159	2	978,161	1	978,160	978,088	73	72	978,107	54	53	17	0,3
Buitenzorg.........	—6.36,3	106.47,7	262	2,6	5 »	5,1869	978,115	80	978,195	51	978,166	978,098	97	*68*	978,117	78	49	14	0,2
Poentjak...........	—6.42,4	106.59,7	1450	2,6	5 »	5,1175	977,883	447	978,330	284	978,167	978,100	230	*67*	978,119	211	48	15	0,3
Lembang...........	—6.49,5	107.36,9	1299	2,6	6 »	5,1123	977,865	400	978,265	255	978,120	978,102	163	18	978,121	144	— 1	14	0,3
Tjisekeh...........	—7.16,4	107.40	1735	2,6	6 »	5,0949	977,805	535	978,340	340	978,145	978,112	228	37	978,131	209	14	12	0,3
Tasikmalaja........	—7.19,6	108.13,3	350	2,6	7 »	5,1890	978,121	107	978,228	69	978,190	978,113	115	77	978,132	96	58	11	0,3
Pageralang.........	—7.34,4	109. 7	90	2,6	7 »	5,2130	978,199	27	978,226	17	978,216	978,119	107	97	978,138	88	78	9	0,3
Keboemen..........	—7.40,2	109.39,1	21	2,6	7 »	5,2215	978,226	6	978,232	4	978,230	978,122	110	108	978,141	91	89	9	0,3
Boroboudour.......	—7.36,4	110.12,1	266	2,6	8 »	5,2073	978,181	81	978,262	52	978,233	978,119	143	*114*	978,138	124	95	11	0,4
Plelen.............	—6.58,2	110. 0,7	26	2,5	8 »	5,1873	978,116	8	978,124	5	978,121	978,106	18	15	978,125	— 1	— 4	15	0,2
Tegal..............	—6.51,4	109. 8,1	4	2,5	8 »	5,1951	978,142	1	978,143	1	978,143	978,103	40	40	978,122	21	21	18	0,3
Cheribon...........	—6.43,2	108.34,2	3	2,5	9 »	5,1936	978,137	1	978,138	1	978,138	978,100	38	38	978,119	19	19	21	0,3
Pamanoekan........	—6.16,6	107.49,3	5	2,5	9 »	5,1943	978,139	1	978,140	1	978,140	978,091	49	49	978,110	30	30	12	0,3
Batavia............	—6. 5,6	106.53	6	2,5	10 »	5,1998	978,157	2	978,159	1	978,158	978,088	71	70	978,107	52	51	13	0,2
Tjiroeas...........	—6. 9	106.14,5	16	2,5	11 »	5,2041	978,171	5	978,176	3	978,174	978,089	87	85	978,108	68	66	15	0,4

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur le jeu des ondes, du spin et des nombres* (1).
Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'énergie complémentaire. — Les diverses théories concernant l'atome d'hydrogène, qu'elles aient ou non fait intervenir des ondes, ont jusqu'à présent été développées en admettant que l'entraînement du noyau était pratiquement sans influence sur la structure fine. Nous allons montrer que cette manière de voir n'est pas exacte et ne saurait conduire à des résultats acceptables, une importante partie de l'énergie qui intervient étant restée inaperçue.

Reprenons le problème traité par Sir G. Darwin. Désignons par $fm_0m'_0/d^2$ la force d'attraction, qui s'exerce entre l'électron E et le proton P, et par ε l'excentricité des orbites que ceux-ci décrivent; les masses à considérer valant $m_0(1-v^2/c^2)^{-1/2}$ et $m'_0(1-v'^2/c^2)^{-1/2}$, dans le sens transversal, et $m_0(1-v^2/c^2)^{-3/2}$ et $m'_0(1-v'^2/c^2)^{-3/2}$, dans le sens longitudinal, le centre de gravité G se trouve soumis aux accélérations :

$$(10) \qquad \frac{1}{2}\frac{fm_0m'_0}{d^2(m_0+m'_0)}\left(\frac{v_0^2}{c^2}-\frac{v_0'^2}{c^2}\right)(1-2\varepsilon+2\varepsilon\cos\theta)$$

et

$$(11) \qquad \frac{fm_0m'_0}{d^2(m_0+m'_0)}\left(\frac{v_0^2}{c^2}-\frac{v_0'^2}{c^2}\right)\varepsilon\sin\theta,$$

v_0 et v'_0 représentant les vitesses des particules au moment du passage au péricaryon et θ l'anomalie vraie; la première composante est dirigée suivant le rayon vecteur GE et la seconde, qui lui est perpendiculaire, doit être comptée dans le sens direct.

Dès lors, il est loisible d'étudier le mouvement relatif de E et de P autour de leur centre de gravité; c'est un mouvement káplérien troublé par une force perturbatrice centrale et par une force perturbatrice transversale et, en posant $x=m_0/m'_0$, il en résulte une avance du péricaryon :

$$(12) \qquad \Delta\varpi=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{1+x}\frac{v_0^2}{c^2}+\frac{x}{1+x}\frac{v_0'^2}{c^2}\right)\theta.$$

Projetons les accélérations (10) et (11) dans la direction du péricaryon et normalement à cette direction; d_0 étant la distance des particules au

(1) Voir *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 937.

moment du passage au péricaryon, il vient

$$(13)\qquad \frac{1}{2}\,\frac{f\,m_0 m'_0}{d_0^2(m_0+m'_0)}\left(\frac{v_0^2}{c^2}-\frac{v'^2_0}{c^2}\right)[\varepsilon+(1-4\varepsilon)\cos\theta+3\varepsilon\cos 2\theta],$$

$$(14)\qquad \frac{1}{2}\,\frac{f\,m_0 m'_0}{d_0^2(m_0+m'_0)}\left(\frac{v_0^2}{c^2}-\frac{v'^2_0}{c^2}\right)[(1-4\varepsilon)\sin\theta+3\varepsilon\sin 2\theta].$$

Les termes périodiques montrent que le centre de gravité décrit un petit épicycle, de rayon $9\varepsilon\rho'/16$, dont le déférent a un rayon également petit, soit $3(1-4\varepsilon)\rho'/4$. Par contre, le terme en ε de (13) présente une grande importance; le centre de gravité est soumis à une accélération constante dirigée vers le péricaryon et, par conséquent, il décrit encore une circonférence dans le temps même qui correspond à une rotation complète du péricaryon.

Désignons par $\mathcal{R}'$ le rayon de ce sous-déférent, V′ la vitesse avec laquelle il est parcouru, I′ l'impulsion correspondante, $\vec{C}'$ le moment cinétique et W′ l'énergie cinétique qui entrent ainsi en jeu. En utilisant (12) on trouve :

$$(15)\qquad \begin{cases} \mathcal{R}'=\varepsilon\dfrac{2}{9}\,137^3 n^4\rho, \quad \dfrac{V'}{c}=\varepsilon\dfrac{2}{27}\,\dfrac{1}{137^2 n}, \quad I'=\varepsilon\dfrac{m_0 c}{137 n}, \\ \vec{C}'=\dfrac{\varepsilon^2}{27}\,4\times 137 n^3\dfrac{h}{2\pi}, \quad W'=\dfrac{\varepsilon^2}{27}\,\dfrac{1}{137^3 n^2}\,m_0 c^2. \end{cases}$$

C'est cette énergie W′ qui avait échappé à l'analyse.

La structure de la raie H_α. — Les orbites fondamentales sont parfaitement circulaires et, pour elles, il n'y a pas à tenir compte de l'énergie complémentaire. Mais, dès qu'une certaine excentricité intervient, le centre de gravité se déplace sur le sous-déférent et cette énergie apparaît; on peut vérifier qu'alors la particule de masse M_0 conserve une impulsion constante sur sa trajectoire, et il s'ensuit que celle-ci est parcourue par une onde de longueur invariable. Une telle conception permet une description précise des orbites de structure fine : toutes les considérations que nous avons développées à leur sujet restent valables et, de plus, on s'explique comment il est possible que l'onde en cause ne se referme pas rigoureusement sur elle-même, comme dans le cas des orbites fondamentales.

Il importe maintenant de quantifier complètement les expressions (15), et dans ce but on est conduit à poser, pour les niveaux intéressant la raie H_α, $\varepsilon^2/27=(2n/3\times 137)^2$, ce qui signifie physiquement que $2\pi R'$ est une partie aliquote de la longueur Δl, dont se déplace le centre de gravité, sur le sous-déférent, pendant une période de révolution $\mathfrak{T}$ des particules autour

de ce centre ($\Delta l/2\pi R' = 2n^3$). Il en résulte que, $\mathfrak{R}$ étant la constante de Rydberg, la grandeur de l'énergie Δw, qui caractérise la structure fine de la raie en cause, s'écrit

$$(16) \qquad \Delta w = -\frac{\mathfrak{R}h}{137^2 n^4}\,\frac{p}{n-p} + \frac{4}{9}\,\frac{1}{137^5}\,m_0 c^2,$$

et cette raie se présente comme un quadruplet symétrique, dont les trois composantes sur lesquelles on peut pratiquement faire des observations ont pour écartements :

$$(17) \qquad \delta_{1,3} = 0,3273\ \text{cm}^{-1}, \qquad \delta_{2,3} = 0,1064\ \text{cm}^{-1}.$$

C'est très exactement ce que prouvent les faits expérimentaux ([1]).

ÉLECTRICITÉ. — *Transformations sélectives. Propriétés des courbes de transformation et des courbes de sélectivité.* Note ([2]) de M. **Maurice Lévy**, présentée par M. M. Brillouin.

J'ai défini les *transformations sélectives* et j'ai indiqué leurs propriétés principales. Cette théorie trouve de nombreuses applications en acoustique, en électroacoustique et en radioélectricité. J'en ai exposé quelques-unes parmi les moins apparentes ([3]), et j'étudierai les autres dans une publication d'ensemble ([4]).

Je me propose maintenant d'indiquer quelques propriétés fondamentales qui lient les courbes de transformation aux courbes de sélectivité et de montrer qu'appliquées à l'étude des filtres électriques elles conduisent directement aux équations d'Heaviside et Carson.

Soit $Y(t-t_0)$ une courbe de transformation définie pour $t_0 \leq t \leq t_0 + \alpha$, et nulle en dehors de cet intervalle, et soit $|g(\omega)|$ la courbe de sélectivité

([1]) Hansen, *Handb. der Phys.*, 24-1, 1933, p. 320; H. Hopfermann, *Naturwiss.*, 22, 1934, p. 218; F. H. Spedding, C. D. Shane et N. S. Grace, *Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 43.

([2]) Séance du 11 février 1935.

([3]) A. *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2222; B. Note au *S. R. Aé.*, avril 1932; *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1031.

([4]) Application à l'étude des distorsions produites par les lecteurs de films, application à l'étude de certains phénomènes en télévision, etc.

correspondante; on a (*loc. cit.* A)

$$|g(\omega)| = \sqrt{A_{(\omega)}^2 + B_{(\omega)}^2} = \sqrt{\left[\int_0^{+\alpha} Y(t')\sin\omega t'\,dt'\right]^2 + \left[\int_0^{+\alpha} Y(t')\cos\omega t'\,dt'\right]^2},$$

$$\operatorname{tang}\theta_{(\omega)} = A_{(\omega)}/B_{(\omega)}.$$

Puisque la fonction $Y(t')$ est nulle à l'extérieur de l'intervalle $0 \leqq t' \leqq \alpha$, on peut remplacer les limites d'intégration o et $+\alpha$ par o et $+\infty$. L'ensemble des expressions précédentes représente alors l'une des formules de réciprocité de Fourier et l'on a, en écrivant la relation réciproque,

$$Y(\tau) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} |g(\omega)| \cos[\omega\tau - \theta(\omega)]\,d\omega,$$

formule valable même si α tend vers l'infini, à condition toutefois que les intégrales $A(\omega)$ et $B(\omega)$ restent convergentes.

Pour simplifier les écritures écrivons les formules précédentes sous forme imaginaire; il vient

$$Y(\tau) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} g(\omega)e^{i\omega\tau}\,d\omega, \qquad g(\omega) = \int_0^{\infty} Y(\tau)e^{-i\omega\tau}\,d\tau$$

$$\text{avec } g(\omega) = B(\omega) - iA(\omega) = |g(\omega)|\,e^{-i\theta},$$

où $g(\omega)$ représente une quantité imaginaire dont $|g(\omega)|$ est le module.

De ces formules de réciprocité qui lient $Y(\tau)$ et $g(\omega)$ on peut déduire les principales relations entre les courbes de transformation et les courbes de sélectivité. En particulier :

1° Puisque $|g(\omega)|$ est liée à $Y(\tau)$ par une intégrale de Fourier, cette fonction représente le spectre (que nous appellerons courbe de fréquence) de $Y(t)$, donc :

La courbe de sélectivité d'une courbe de transformation est la courbe de fréquence de celle-ci;

2° Soient Y_1 une courbe de transformation, Y_2 une courbe à transformer, Y_3 la courbe transformée (c'est-à-dire obtenue en transformant Y_2 à l'aide de Y_1) et $|g_1(\omega)|$, $|g_2(\omega)|$, $|g_3(\omega)|$ les courbes de fréquence (ou spectres) correspondantes. Nous nous proposons de trouver la relation qui donne $|g_3(\omega)|$ en fonction de $|g_1(\omega)|$ et $|g_2(\omega)|$. Pour cela remarquons qu'on obtient le spectre de la transformée Y_3 en multipliant pour chaque valeur ω_1 de ω l'ordonnée $|g_2(\omega_1)|$ du spectre de la courbe à transformer Y_2 par l'ordonnée $|g_1(\omega_1)|$ de la courbe de sélectivité de la courbe de transformation Y_1; on a donc $|g_3(\omega)| = |g_1(\omega)| \times |g_2(\omega)|$.

J'ai donné dans un travail antérieur (¹) une application pratique de cette propriété essentielle (²).

Application à l'étude des filtres électriques. — A chaque réseau d'impédances on peut faire correspondre une courbe de sélectivité et, par suite, une courbe de transformation.

Soit $Z(\omega)$ l'impédance imaginaire du filtre; on a $g(\omega) = 1/Z(\omega)$, de sorte que la courbe de transformation est donnée par

$$(1) \qquad Y(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{Z(\omega)} e^{i\omega\tau} \, d\omega.$$

Connaissant $Y(\tau)$ on peut en déduire toutes les propriétés du filtre. En particulier, si $E(t)$ est une tension appliquée à l'entrée du réseau au temps $t = 0$, le courant $I(t)$ de sortie est donné par

$$(2) \qquad I(t) = \int_0^t E(\tau)\, Y(t - \tau)\, d\tau,$$

puisque $I(t)$ s'obtient en transformation $E(t)$ à l'aide de $Y(\tau)$ comme courbe de transformation.

Les équations (1) et (2) peuvent être considérées comme formant un système de base pour l'étude des régimes transitoires. Comparées aux équations d'Heaviside-Carson, on constate qu'on passe des premières aux secondes par simple dérivation et que la fonction de transformation $Y(\tau)$ n'est autre que la dérivée de la fonction d'Heaviside.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les résistances électriques au contact de deux substances semi-conductrices.* Note de M. **Georges Déchêne**, présentée par M. A. Cotton.

Lorsqu'un courant électrique traverse la surface de séparation de deux substances semi-conductrices, il s'y produit une variation brusque du potentiel; on sait que le même phénomène s'observe au contact d'une substance semi-conductrice et d'une électrode métallique (³). J'ai étudié

(¹) Note au *S. R. Aé.*, octobre 1933.

(²) J'ai constaté récemment que cette propriété mise sous forme analytique constitue un théorème connu.

(³) Reboul, *Journal de Physique*, 2, 1931, p. 86; Déchêne, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1021 et *Annales de Physique*, 2, 1934, p. 241.

divers contacts ($HgO - CO^3Na^2$; $HgO - SO^4Cu$; $CO^3Na^2 - Cu^2O$) avec des tensions variant de quelques volts à quelques centaines de volts. Les deux substances utilisées sont successivement comprimées à la presse hydraulique dans un moule d'ébonite; les électrodes sont en mercure; des sondes en fer permettent l'étude de la répartition du potentiel; la résistance électrique de l'ensemble comprend alors cinq parties : résistances ohmiques des deux substances, résistance à leur contact, résistance sur chacune des électrodes.

Ordre de grandeur des résultats. — Si l'une des deux substances est peu comprimée, la résistance de contact est du même ordre de grandeur que la résistance ohmique de la substance la moins conductrice, mesurée sur une longueur de quelques millimètres ou parfois même de quelques centimètres. Si, au contraire, les deux substances sont fortement comprimées, la chute de potentiel à leur contact est faible et difficile à mettre en évidence (de même, la résistance au contact d'une substance semi-conductrice et d'une électrode métallique diminue si on élève la pression exercée sur l'électrode).

Influence de la tension utilisée et du sens du courant. — Si les substances ont une faible résistivité (quelques mégohms-cm), on observe, comme pour le contact avec une électrode métallique, une diminution de la résistance de contact quand on augmente la tension utilisée.

Exemple 1. — Substances : oxyde jaune de mercure (résistivité voisine de 1 mégohm-cm) et carbonate de sodium effleuri peu comprimé (résistivité inférieure à 0,1 mégohm-cm); température : 21°,7.

Tension utilisée (volts).	Discontinuité du potentiel au contact des deux substances (volts).	Résistance du contact (section : 2 cm²) (mégohms).
12	1,26	1,46
22	2,55	1,41
44	4,85	1,31

Après un passage prolongé du courant, le contact présente une dissymétrie nette; une inversion fait diminuer sa résistance.

Exemple 2. — Même contact que pour l'exemple 1. Tension utilisée : 10 volts. Le courant ayant passé plusieurs jours dans le sens $CO^3Na^2 \rightarrow HgO$, la résistance de contact a été trouvée égale à 8,9 mégohms; elle est devenue 3,8 mégohms quand on a inversé le sens du courant.

Influence de la température. — Une élévation de température fait diminuer rapidement les résistivités des substances utilisées et la résistance de leur contact.

Exemple 3. — Substances : oxyde jaune de mercure et carbonate de sodium effleuri.

Température (en degrés C.).	Résistivité de HgO (mégohms-cm).	Résistivité de CO^3Na^2 (mégohms-cm).	Résistance du contact (Section : 2 cm²) (mégohms).
15,2	20	4,8	2,43
21,6	11,3	1,15	0,92
30,2	2,9	0,11	0,13

Influence du passage du courant. — Les résultats obtenus dans cette étude sont assez compliqués. Non seulement la résistance au contact des deux substances se modifie lorsque le passage du courant est prolongé, mais j'ai toujours observé des variations, souvent complexes, de la résistivité pour l'une au moins des substances (*Exemple* 4); on peut attribuer ces variations à l'introduction d'ions étrangers provenant de l'autre corps utilisé; Joffé a montré la possibilité d'un tel phénomène (¹).

Polarisation de la surface de contact. — Il existe, avant tout passage du courant, une différence de potentiel e entre deux sondes en fer situées de part et d'autre de la surface de contact des deux substances; l'ensemble forme une pile avec deux électrolytes solides. Quand le courant passe, la surface de contact se polarise et la valeur e (mesurée en interrompant le courant) se modifie au cours du temps (*Exemple* 4).

Exemple 4. — Substances : HgO (longueur : 12^{mm}); CO^3Na^2 (longueur : 22^{mm}). Section : 2^{cm^2}. Tension : 20 volts. Le sens du courant a été d'abord $CO^3Na^2 \rightarrow HgO$, puis une inversion a été effectuée. La valeur e est prise positive lorsque la sonde en contact avec CO^3Na^2 a le potentiel le plus élevé.

Temps.	Résistance ohmique de HgO (mégohms).	Résistance ohmique de CO^3Na^2 (mégohms).	Résistance du contact (mégohms).	e (volts).
1 heure	980	450	510	0,30
4 jours	980	370	525	0,53
9 »	990	385	535	0,85
Inversion (temps écoulé depuis l'inversion).				
6 heures	980	335	500	—0,16
2 jours	1010	270	500	—0,17
9 »	1060	340	560	—0,16
22 »	1150	770	630	—0,16

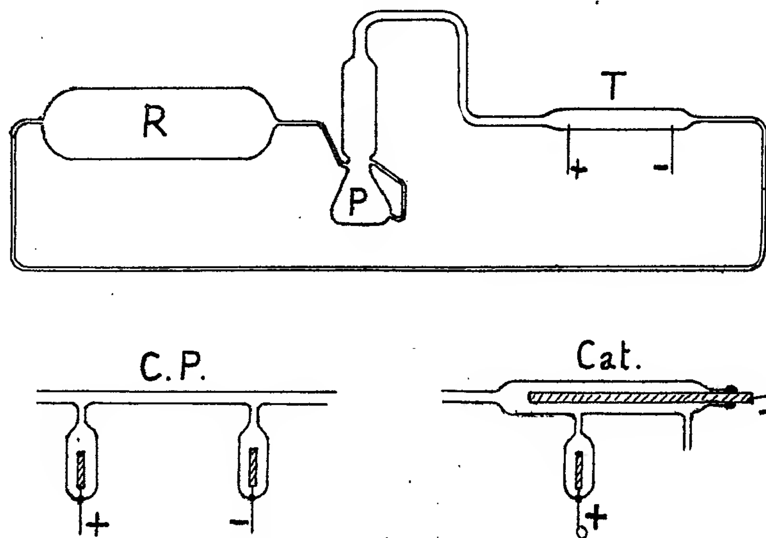
(¹) *Rapports du IVᵉ Conseil de Physique Solvay*, Paris, 1927, p. 215.

Conclusion. — Tous les résultats indiqués dans ce travail sont semblables à ceux qu'on observe au contact d'une substance semi-conductrice et d'un métal. L'interprétation en est la même : le passage de centres électriques (ions ou électrons) à travers la surface limitant une substance semi-conductrice nécessite la production d'un champ électrique intense sur cette surface.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'équilibre chimique dans les tubes à gaz raréfié au voisinage de la cathode et dans la colonne positive.* Note de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai montré ([1]) que le rendement énergétique des réactions provoquées par l'étincelle était sensiblement le même au voisinage de la cathode et dans la colonne positive.

Le but de la présente Note est d'étudier l'équilibre chimique dans les différentes parties d'un tube de Geissler. Pour obtenir un résultat valable j'ai dû changer les dispositifs employés jusqu'ici qui convenaient à l'étude globale du gaz contenu dans tout le tube.



L'appareil que j'ai employé est constitué par un récipient R et des canalisations entièrement clos dans lesquels les gaz circulent au moyen d'une

([1]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 53.

pompe à diffusion à vapeur de mercure P et se renouvellent constamment au voisinage de la cathode ou dans la colonne positive jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. A la fin de l'expérience, qui avec les puissances que nous avons employées (de l'ordre de 5 à 20 watts) dure environ 60 minutes, on recueille les gaz et on les analyse. Nous avons d'abord vérifié que pendant plusieurs heures de circulation, sous une pression atteignant jusqu'à 4^{mm} de mercure, les mélanges explosifs $CO + 1/2\, O^2$ et $H^2 + 1/2\, O^2$ ne se combinent pas à la température d'ébullition du mercure dans la pompe à diffusion.

Les tubes à décharge que nous avons utilisés sont disposés de manière à ne faire circuler le gaz qu'autour de la cathode ou dans la colonne positive.

Les résultats que nous avons obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Dissociation du gaz carbonique.

Pression (en mm de Hg).	Volts.	Ampères.	Degrés de dissociation pour 1000.	Température (¹) apparente calculée.
Décharge dans la colonne positive.				
2,75	1310	15.10^{-3}	69,4	2625
1,98	1300	»	72,2	2625
0,82	1200	»	80,6	2650
0,007	3800	7.10^{-3}	72,2	2050
Décharge dans le compartiment cathodique.				
3,70	560	15.10^{-3}	51,8	2475
1,52	560	»	63,8	2520
1,02	520	»	69,5	2520
0,007	3500	7.10^{-3}	66,6	2040

On voit que la température apparente de l'étincelle est nettement plus grande dans la colonne positive que dans le voisinage de la cathode.

Lorsque le régime du tube est celui qui correspond aux faibles pressions, après avoir dépassé le minimum de la loi de Paschen la température apparente tombe; ce résultat est facile à interpréter car les électrons ou les ions positifs ne rencontrent plus un nombre suffisant de molécules gazeuzes et viennent perdre sur les parois du tube leur énergie cinétique qui se transforme en chaleur non utilisée chimiquement.

(¹) Les températures ont été calculées au moyen des abaques de Pierre Montagne en tenant compte du degré de dissociation observé (*Thèse*, Paris, 1934).

SPECTROSCOPIE. — *Le spectre d'absorption de l'ozone à basse température.* Note de Mme **Lucie Lefebvre**, présentée par M. Ch. Fabry.

La question de l'ozone atmosphérique est actuellement l'objet des recherches de plusieurs auteurs. C'est la raison qui nous a conduit à préciser l'action d'un abaissement de température sur le spectre d'absorption de l'ozone.

Nous avons entrepris cette étude l'année dernière, et avons publié déjà nos résultats relativement à la partie ultraviolette du spectre (1). Nous continuons ici par l'étude du spectre visible. Notre appareil a été décrit antérieurement (2). Nous introduisons dans un tube fermé, de $2^m,50$ de long, un mélange d'oxygène ozonisé, dont nous photographions le spectre d'absorption, le tube étant :

a, à la température ordinaire;

b, entouré de glace carbonique.

Par suite de la destruction progressive de l'ozone contenu dans le tube, nous avons dû compliquer un peu l'expérience et procéder de la façon suivante :

Le tube étant à la température ordinaire, nous prenons une série de spectres, à des intervalles de temps régulièrement espacés, puis nous entourons le tube de glace carbonique, et, au bout du même intervalle de temps, nous prenons un nouveau spectre.

Les enregistrements microphotométriques de tous ces spectres montrent que leur lente transformation (due à la destruction de l'ozone) n'est pas altérée par l'action du froid. Le spectre d'absorption de l'ozone entouré de glace carbonique présente le même aspect que ceux pris à la température ordinaire.

Nous avons exploré le spectre visible de l'ozone depuis 4400 Å jusqu'à 6500 Å.

Dans toute cette région, le spectre d'absorption de l'ozone, refroidi aux environs de —80°C., paraît identique au spectre pris à la température ordinaire.

Cette conclusion est en contradiction avec les résultats publiés par

---

(1) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 456.
(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 444.

Chappuis (1). Cet auteur signale que le spectre d'absorption de l'ozone présente, sous l'action du froid, une augmentation en nombre et en intensité des bandes visibles. Il ne précise pas dans quelles conditions il a opéré. S'il a utilisé un courant d'ozone, ainsi qu'il l'a fait dans certaines de ses expériences, on s'explique que l'abaissement de température, en augmentant la densité du gaz, l'ait conduit à observer un renforcement des bandes d'absorption.

Pour notre part, surpris d'être en contradiction avec Chappuis, nous avons recommencé plusieurs fois cette expérience, toujours avec le même résultat.

Nous comptons poursuivre très prochainement nos recherches dans le domaine de l'infrarouge photographique, où le spectre d'absorption de l'ozone est encore mal connu.

BIRÉFRINGENCE MAGNÉTIQUE. — *Variation thermique de la biréfringence magnétique et moments électriques moléculaires.* Note (2) de M. **Antoine Goldet**, présentée par M. A. Cotton.

La théorie de l'orientation moléculaire, développée par Langevin (3), pour la biréfringence magnétique, permet de calculer une expression $C = \beta n T/(n^2 - 1)(n^2 + 2)$ qui devrait demeurer constante, lorsque la biréfringence mesurée β et l'indice n varient avec la température absolue T. Cette expression est obtenue en adoptant la relation de Lorentz-Lorenz entre l'indice et la densité et en supposant que les anisotropies moléculaires sont invariables.

L'expérience montre que C n'est pas en général constant et que ses variations dépassent parfois 20 pour 100 pour des écarts de température de moins de 100°. Le rapport C_2/C_1 des valeurs de C pour deux températures t_1 et t_2 différant de 50°, précise l'importance de l'écart des résultats expérimentaux avec la théorie.

Nous avons groupé dans le tableau ci-après les valeurs de ces rapports calculées à partir de données publiées par d'autres auteurs (4), (5) et

(1) *Journal de Physique*, 2e série, **1**, 1882, p. 494.
(2) Séance du 11 février 1935.
(3) *Le Radium*, **7**, 1910, p. 249.
(4) G. Szivessy, *Annalen der Physik*, **68**, 1922, p. 127.
(5) C. Salceanu, *Thèse*, Paris, 1932.

par nous-même ([1]). Les résultats pour le toluène et l'éthylbenzène proviennent d'expériences récentes et non encore publiées que nous avons faites avec le dispositif déjà employé pour nos mesures antérieures.

Les températures t_1 et t_2 sont notées dans la colonne suivante.

	C_2/C_1.	$t_1 - t_2$.	$\mu . 10^{18}$.
Sulfure de carbone ([1])	1,06	10- 50 (extrapolé)	0 à 0,3
Naphtalène ([2])	1,0	80-130	0 à 0,4
»	1,13	130-180	»
Benzène ([1])	1,13	10- 60	0 à 0,5
Toluène ([1])	1,08	20- 70	0,39 à 0,52
Ethylbenzène ([1])	$1,04_5$	20- 70	pas de mesures
β-Méthylnaphtalène ([2])	1,0	34- 84	pas de mesures
Phénanthrène ([2])	0,99	100-150	0,53 à 0,59
α-Bromonaphtalène ([3])	$0,97_5$	5- 55	1,48 à 1,58
Phénol ([2])	0,95	47- 97	1,52 à 1,58
Bromobenzène ([3])	0,89	5- 55	1,49 à 1,70
Chlorobenzène ([3])	0,88	5- 55	1,5 à 1,64
Nitrobenzène ([2])	$0,86_6$	5- 55	3,9 environ
» ([1])	$0,87_1$	20- 70	»
» ([1])	$0,88_2$	40- 90	»

Dans la dernière colonne nous avons indiqué les valeurs des moments électriques moléculaires $\mu . 10^{18}$ tirées du catalogue de N. V. Sidgwick ([4]). Le sulfure de carbone a été mis à part, en tête du tableau, et les autres corps rangés à la suite par valeurs décroissantes de C_2/C_1. *Il se trouve alors que les* μ *varient régulièrement aussi*, et dans le cas de l'éthylbenzène et du β-méthylnaphtalène pour lesquels nous n'avons pas trouvé de mesures de μ, on peut supposer que, par analogie avec le toluène, le benzène et le naphtalène, l'expérience fournirait des valeurs petites pour leurs μ, et confirmerait ainsi encore la validité de notre remarque.

Nous avons déjà publié ([5]) des résultats relatifs au nitrobenzène, que nous avions proposé d'interpréter par un changement de l'association moléculaire avec la dilution. L'hypothèse de la variation thermique d'une telle association pour les liquides fortement polaires, dérivés halogénés et

---

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1612.

([2]) G. Salceanu, *loc. cit.*

([3]) G. Szivessy, *loc. cit.*

([4]) *Trans. Faraday Society*, **30**, 1934, (Appendice, après la page 904).

([5]) A. Goldet et A. Piekara, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 271.

phénol, expliquerait que les valeurs théoriques pour la variation thermique de la biréfringence magnétique sont plus petites que les valeurs expérimentales.

Dans un autre ordre d'idées, on peut également imaginer qu'une interaction entre les moments électriques des molécules, partiellement orientées par le champ magnétique, a une influence sur la valeur de cette orientation. Bien que le trop petit nombre de mesures de variation thermique de biréfringence magnétique et l'incertitude des valeurs de μ dans beaucoup de cas ne nous permettent pas de formuler une relation précise, il nous semble que les résultats expérimentaux doivent nous amener à introduire un terme dépendant de μ dans l'expression de la biréfringence magnétique. Toutefois les rapports C_2/C_1 étant tantôt supérieurs tantôt inférieurs à l'unité, les hypothèses envisagées ne paraissent pas pouvoir expliquer seules l'ensemble des faits.

PHOTOCHIMIE. — *Décomposition photochimique du protoxyde d'azote et énergie de dissociation de l'azote.* Note de M. **Louis Henry**, présentée par M. G. Urbain.

Dutta [1] a déduit du spectre d'absorption ultraviolet de N^2O la valeur de la chaleur de dissociation de l'azote $D_{N^2} = 200400^{cal}$.

Cette valeur nous paraissant trop élevée et Dutta n'ayant pas considéré les états énergétiques possibles des produits de décomposition, il nous a semblé intéressant de reprendre l'étude du spectre de N^2O.

Le spectre a été étudié pour des épaisseurs de gaz de 35^{cm} à 100^{cm}, sous des pressions de 0,25 à 4^{atm} et à des températures allant de 20° à 675° C.

Dans tous les cas l'absorption est rigoureusement continue. Le début de l'absorption a été déterminé en extrapolant pour $I_g/I_v = 1$, la courbe donnant en fonction des longueurs d'ondes la variation du rapport de l'intensité lumineuse mesurée à travers le tube vide I_v et à travers le tube rempli de gaz I_g. A température constante, ce début est indépendant de l'épaisseur et de la pression du gaz ; par contre le début se déplace vers les grandes longueurs d'ondes lorsque la température s'élève.

La position du début de la bande continue correspond aux valeurs suivantes :

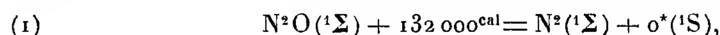
(1) *Proc. Roy. Soc.*, A, 138, 1932, *p.* 84.

t.	Début.	
20°........................	$44520^{cm^{-1}}$	$= 2246$ Å
300	42520	2350
400	41720	2395
540	40780	2452
675	38400 (?)	2604

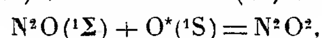
L'absorption est accompagnée d'une dissociation de la molécule N^2O donnant comme produit final du NO facilement identifiable par ses bandes 2261 et 2268. Cette photodissociation avec libération de NO comme produit final a été étudiée par nous en détail avec M. Victor Henri.

Le fait d'une absorption continue indique une absorption de lumière suivie d'une décomposition de la molécule; la courbe d'énergie potentielle de la molécule N^2O à l'état activé serait donc une courbe sans minimum. L'action de la température sur la position de la limite d'absorption indique qu'il se produit lors d'une élévation de température, un accroissement du nombre de molécules se trouvant, dans l'état fondamental, à des niveaux de vibration de plus en plus élevés au-dessus du niveau O. Bien que le calcul en soit impossible, on peut cependant obtenir une valeur approchée de l'énergie minima nécessaire pour élever la molécule N^2O de son niveau de vibration O, dans l'état fondamental, à l'état activé instable amenant sa dissociation. En effet en traçant une courbe représentant la variation du début d'absorption en fonction de la température absolue et en extrapolant pour $T = 0$, on obtient une valeur approchée de l'énergie minima égale à 132000^{cal}.

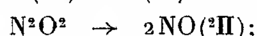
Il semble que l'on doive attribuer à la molécule N^2O un état fondamental $^1\Sigma$; une telle molécule ne peut résulter que de l'union adiabatique de deux parties de même multiplicité. Parmi les équations de dissociation satisfaisant à cette condition, il semble que l'on puisse conserver les deux suivantes (toutes les autres conduisant à des résultats absurdes) :



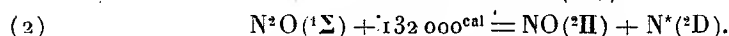
$$(1) \qquad N^2O(^1\Sigma) + 132\,000^{cal} = N^2(^1\Sigma) + O^*(^1S),$$



$$N^2O(^1\Sigma) + O^*(^1S) = N^2O^2,$$



$$N^2O^2 \rightarrow 2NO(^2\Pi);$$



$$(2) \qquad N^2O(^1\Sigma) + 132\,000^{cal} = NO(^2\Pi) + N^*(^2D).$$

Le premier mécanisme permet le calcul d'une valeur $D_{O^2} = 112\,800^{cal}$ en bon accord avec la valeur généralement admise de $117\,000^{cal}$ (¹).

(¹) JEVONS, *Reports on Band-spectral*, p. 290; VICTOR HENRI, *Leipziger Vorträge*, 1931, p. 131.

Ce mécanisme semble cependant peu probable parce qu'il suppose la libération d'un atome d'oxygène dans un état énergétique trop élevé; en outre il ne correspond pas au mode général de dissociation de molécules du même type et fait intervenir un composé intermédiaire dont l'existance est encore peu certaine.

Le deuxième mécanisme permet de calculer une valeur $D_{N_2} = 158\,000^{cal}$ en bon accord avec les valeurs récentes $169\,000^{cal}$ de Herzberg, Sponer (1) et Büttenbender. Il correspond en outre au mode général de dissociation avec libération d'un atome N excité a son premier niveau électronique ^2D; comme enfin il ne fait pas intervenir de composés intermédiaires à faible probabilité de formation, il semble bien que ce deuxième mécanisme soit préférable au premier.

Il en résulte que l'énergie de dissociation de la molécule d'azote en deux atomes normaux $N(^4S)$ est bien inférieure à la valeur trouvée par Dutta. La valeur 158 000 représente une limite inférieure de cette énergie, tandis que l'étude de la prédissociation des spectres de l'azote (1er et 2e positive) conduit à une limite supérieure égale à $169\,000^{cal}$.

RAYONS X. — *Étude aux rayons X des métaphosphates de sodium anhydres* (2). Note de M. **André Boullé**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La présente Note a pour but d'exposer les résultats obtenus dans l'étude :

1° de la déshydratation de PO^4NaH^2 ou plus exactement de $P^2O^7Na^2H^2$ qui constituait le produit de départ;

2° du chauffage entre 300° et son P. F. = 640° du trimétaphosphate pur obtenu par la méthode de Knorre;

3° des recuits à diverses températures de l'hexamétaphosphate vitreux provenant de la fusion et de la trempe rapide du trimétaphosphate précédent.

Cette étude a été poursuivie en prenant les spectres X (méthode des poudres : Debye-Scherrer) des produits calcinés dans des conditions déterminées.

---

(1) C. Herzber und H. Sponer, *Zts. f. Phys. Chemie*, 26, 1934, p. 1934; Büttenbender, *Ann. der Phys.*, 21, 1934, p. 577.

(2) La bibliographie des métaphosphates anhydres de sodium, ainsi que l'exposé des relations entre les diverses espèces chimiques signalées jusqu'en 1924, se trouve dans l'important Mémoire de M. P. Pascal (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, 33, 1923, p. 1611; 4e série, 35, 1924, p. 1119-1131).

Lorsque l'on déshydrate $P^2O^7Na^2H^2$ au-dessus de 250°, le produit obtenu est connu sous le nom de *sel de Maddrell;* nous l'appellerons métaphosphate A', il paraît insoluble.

En élevant la température au-dessus de 400°, mais en restant au-dessous de 550°, on obtient un nouveau métaphosphate B insoluble, caractérisé par son spectre X entièrement distinct du spectre du produit A'. Au-dessous de 400°, la vitesse de formation du métaphosphate B devient très lente; à 380°, au bout de plusieurs jours, on a encore un mélange A' + B.

Si l'on porte ensuite les produits A' ou B à une température quelconque, entre 550° et le point de fusion, 640°, on obtient un métaphosphate dont le spectre X est identique à celui du métaphosphate A'; mais, cette fois, le produit est soluble; nous le désignerons par la lettre A.

La fusion des produits A, A' ou B donne, par trempe rapide, l'hexamétaphosphate vitreux C soluble. Le recuit du métaphosphate C provoque la cristallisation (en quelques heures à 300°) et quelle que soit la température de recuit, 330°, 450°, 490°, 625°, on retrouve le métaphosphate A soluble.

D'autre part nous avons préparé du trimétaphosphate pur par la méthode de Knorre; son spectre X est identique au spectre du produit A; étant soluble, nous le classerons également sous le nom de métaphosphate A.

Maintenu à diverses températures : 300°, 450°, 625° pendant des durées de chauffe variables (de 3 à 50 heures) suivies de trempes très brutales, le métaphosphate A (qu'il provienne de la déshydratation de $P^2O^7Na^2H^2$ au-dessus de 550° ou qu'il soit préparé par la méthode de Knorre) conserve sa structure cristalline. En particulier, les produits maintenus 3 heures à $625 \pm 5°$ et trempés très brutalement sur le mercure ont des spectres X identiques à celui du produit de départ. A la même température $625 \pm 5°$ et dans les mêmes conditions, l'hexamétaphosphate C donne toujours le métaphosphate A. Le tétramétaphosphate, dont le domaine d'existence a été signalé comme s'étendant de 607° à 640°, ne semble pas se former dans ces conditions.

En résumé, nous avons montré :

1° que le sel dit de Maddrell (métaphosphate A') est du trimétaphosphate qui paraît insoluble;

2° que ce même sel se transforme en une autre variété insoluble : métaphosphate B non encore décrite, d'un degré de polymérisation inconnu et caractérisée par son spectre X;

3° qu'il existe deux variétés de trimétaphosphate de même structure

cristalline dont une seule était connue : la variété A soluble; l'autre, A' correspond à un mode de formation nouveau et paraît insoluble;

4° qu'on ne peut obtenir le tétramétaphosphate dans les conditions décrites;

5° que le recuit de l'hexamétaphosphate vitreux C conduit toujours au triméta. A soluble.

Les métaphosphates A, A' d'une part et B d'autre part sont caractérisés par leurs spectres X; nous donnons ci-dessus les valeurs des angles θ pour les raies principales. Enfin, nous consignons dans un tableau l'ensemble des résultats énoncés précédemment.

Trimétaphosphate A *et* A'.

θ_1.	θ_2.	θ_6.	θ_7.	θ_{10}.	θ_{12}.	θ_{14}.	θ_{21}.	θ_{34}.	θ_{38}.
6°40'	8°45'	11°35'	(13°)	14°40'	16°10'	17°40'	22°20'	29°40'	32°35'

Métaphosphate B.

θ_1.	θ_2.	θ_3.	θ_4.	θ_5.	θ_6.	θ_8.	θ_{13}.	θ_{23}.	θ_{31}.
8°5'	8°35'	11°30'	12°25'	13°25'	14°15'	(15°20')	19°30'	25°55'	31°5'

Les angles mis entre parenthèses correspondent aux raies les plus intenses.

	Nom donné par les auteurs.	Solubilité.	Spectre X.
1. Métaphosphate A...	trimétaphosphate	soluble	même spectre
2. Métaphosphate A'...	sel de Maddrell	paraît insoluble	même spectre
3. Métaphosphate B...	non décrit	insoluble	spectre caractéristique
4. Métaphosphate C...	hexaméta	soluble	corps amorphe

Températures et modes d'obtention. — 1. $t < 300°$ par la méthode Knorre; $550° < t < 640°$ par chauffage $P^2O^7Na^2H^2$. — 2. $t < 400°$ (déshydratation $P^2O^7Na^2H^2$). — 3. $400° < t < 550°$ par déshydratation $P^2O^7Na^2H^2$. — 4. $t > 640°$ et trempe de tous les produits précédents.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur une méthode de mesure de la chaleur dégagée par l'absorption du rayonnement* γ. Note [1] de MM. **Wojciech Swietoslawski** et **Ignace Zlotowski.**

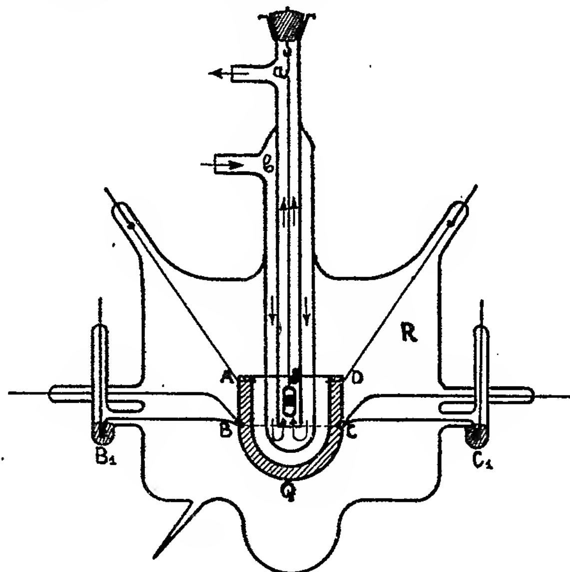
L'appareil calorimétrique présenté sur la figure permet de mesurer directement le débit de chaleur dû aux rayons γ absorbés par l'écran Q

---

(1) Séance du 4 février 1935.

en éliminant l'influence des rayons α et β émis simultanément par la source radioactive S.

La partie principale de l'appareil est constituée par un labyrinthe composé de deux ou trois tubes concentriques en verre (*a* et *b*) et entouré par un massif absorbant Q (par exemple, en plomb) suspendu à l'aide de quatre fils de soie au centre du récipient à vide R. L'ampoule contenant la source radioactive se trouve à l'intérieur du tube *a*.



On place l'appareil dans un calorimètre dont la description détaillée a été publiée précédemment par Swietoslawski et Mlle Bartoszewicz (1) et qui permet d'exécuter aussi bien des mesures adiabatiques qu'isothermiques. Dans ce dernier cas, il est possible d'appliquer la méthode décrite dernièrement par Swietoslawski et Salcewicz (2) fondée sur la loi de refroidissement de Newton.

Pour enlever la chaleur produite par les rayonnements α et β, on fait passer par le labyrinthe un courant d'eau avec une vitesse correspondante à la teneur en substance radioactive dans la source utilisée. L'eau entrant dans le labyrinthe (par le tube *b*) provient de l'enceinte extérieure du calorimètre; par conséquent, sa température est égale précisément à celle de

(1) *Bull. de l'Ac. des Sc. polonaise*, série A, 1931, p. 336.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 935.

l'enceinte. On laisse couler par le labyrinthe en unité de temps une quantité d'eau telle que l'élévation de la température dans le tube *a* ne dépasse jamais 0,001°C. (La circulation de l'eau est indiquée sur la figure par le sens des flèches). Il va sans dire que l'accroissement de la température de l'eau dans le tube extérieur *b* est encore plus faible.

La mesure de l'accroissement de la température du massif Q en cas d'une marche isothermique du calorimètre ainsi que la constatation de l'égalité des températures du massif et de l'enceinte calorimétrique en cas d'un processus adiabatique est exécutée à l'aide de deux thermocouples BB_1 et CC_1.

Il est à noter que pour tous les appareils utilisés il est nécessaire d'établir d'avance quelle fraction du rayonnement γ est absorbée par les parois du labyrinthe ainsi que par l'eau remplissant ces tubes. D'autre part, étant donné que dans notre dispositif il est impossible d'entourer la source radioactive par l'écran de tous les côtés, il faut exécuter dans chaque cas particulier quelques séries des mesures comparatives avec des gaines absorbantes de différentes formes (par exemple : cylindre ABCD et une sorte d'éprouvette ABQCD), ce qui permet d'évaluer l'effet calorifique total des rayons γ absorbés par un écran d'une épaisseur donnée.

Les expériences préliminaires ont prouvé qu'avec le dispositif décrit ci-dessus on peut mesurer la chaleur produite par le rayonnement γ avec une précision de deux à trois pour cent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'absorption de la vapeur d'iode par le charbon actif et le gel de silice.* Note de M. **Paul Demougin**, présentée par M. G. Urbain.

L'absorption de l'iode en solution est utilisée couramment pour la mesure du pouvoir absorbant des charbons actifs. L'iode est également absorbable à l'état de vapeur, et Guichard [1] a étudié ce phénomène sur divers solides, notamment sur le charbon, en suivant la marche de l'absorption par des pesées répétées des solides considérés, placés dans l'air saturé de vapeur d'iode à la température ordinaire.

Il était intéressant de rechercher si le phénomène d'absorption de vapeur d'iode subissait une discontinuité quand on passait de la zone des tempéra-

(1) *Bull. Soc. chim.*, 7, 1910, p. 1017.

tures où l'iode est solide à celle où il est liquide (au-dessus de 114°). Parmi les théories qui ont été proposées pour expliquer l'adsorption des vapeurs, celle de Patrick suppose, en effet, que la condensation des vapeurs dans l'absorbant, au-dessous de leur pression de saturation, résulte de l'abaissement de tension de vapeur du liquide dans les pores capillaires de l'absorbant, abaissement de tension qui doit être égal à $2\sigma\delta/rd$ (σ tension superficielle du liquide, r rayon du ménisque du liquide dans le capillaire, d et δ densités du liquide et de la vapeur). Or, nous avions fait (1) à cette hypothèse l'objection que, si les phénomènes capillaires jouaient un rôle prépondérant dans l'adsorption, les quantités de vapeurs fixées par un charbon ou un gel de silice donnés devraient être en relation avec les constantes capillaires des liquides correspondants, alors que les volumes de liquides absorbés sont sensiblement les mêmes pour des corps de tensions superficielles et de densités très différentes; la condensation capillaire ne doit donc intervenir que pour l'absorption correspondant à des tensions de vapeur extrêmement voisines de la saturation et qui ne sont jamais réalisées en pratique. Ces conclusions seraient considérablement renforcées s'il se vérifiait que l'absorption de la vapeur d'iode suivait les mêmes lois que l'absorption des vapeurs des liquides, même aux températures pour lesquelles, l'iode étant solide, la condensation capillaire ne pourrait pas se concevoir.

Le tableau suivant donne les résultats d'absorption de vapeur d'iode, exprimés en milligrammes d'iode fixé par gramme d'absorbant, pour des charbons plus ou moins activés et du gel de silice. Les absorbants étaient placés dans l'air saturé de vapeur d'iode à diverses températures, et pesés à intervalles réguliers jusqu'à poids constant. La vitesse d'absorption est sensiblement proportionnelle à la tension de vapeur d'iode; l'équilibre était pratiquement atteint après 24 heures à 100° ($p = 47^{mm}$,5 de mercure), une dizaine de jours à 60° ($p = 5{,}09$) et après une année à la température ordinaire ($p = 0{,}19$ à 17°). La vitesse d'absorption des divers échantillons pour la vapeur d'iode, même au-dessous du point de fusion de l'iode, est proportionnelle à leur vitesse d'absorption pour les vapeurs de liquides (éther, benzène); il en est de même de la retentivité, mesurée par désorption à 100°.

(1) DEMOUGIN, *Mém. Poudres*, 25, 1932, p. 84.

Nature de l'absorbant.	Quantité d'iode absorbée (en mg par gramme) au-dessous du point de fusion 17°.	60°.	100°.	au-dessus du point de fusion 128°.
1. Charbon activé au chlorure de zinc..	2850	2830	2810	2810
2. Charbon de caoutchouc	2640	2615	2600	2640
3. Charbon activé aux gaz............	2530	2500	2480	2480
4. Charbon activé à la vapeur d'eau....	1890	1860	1860	1880
5. Charbon peu activé................	1320	1330	1315	1350
6. Charbon non activé................	920	930	945	935
7. Gel de silice......................	1085	1180	1130	1125

On voit que les quantités de vapeur d'iode absorbées au voisinage de la tension de saturation sont bien sensiblement les mêmes pour chaque échantillon aux diverses températures, que celles-ci soient supérieures ou inférieures à la température de fusion de l'iode. Ces quantités sont proportionnelles aux pouvoirs absorbants pour les autres vapeurs, éther par exemple, au voisinage de la saturation, avant condensation capillaire, et ne sont pas égales aux quantités absorbées d'iode en solution, ni proportionnelles aux pouvoirs absorbants pour les gaz.

Numéro de l'échantillon.	Absorption de vapeurs. Iode (valeur moy.).	Éther.	Rapport iode/éther.	Absorption d'iode en solution.	Absorption de CO^2.
1............	2825	535	5,3	1270	90
2............	2624	510	5,15	1510	99
3............	2498	485	5,1	1600	95
4............	1873	356	5,25	1290	102
5............	1329	260	5,1	800	85
6............	932	186	5,05	715	70
7............	1130	225	5,0	12	25

Le rapport de l'absorption de vapeur d'iode (iode solide ou liquide) à celle de vapeur d'éther est voisin du rapport des densités des deux liquides (soit $3,95/0,73 = 5,4$) comme pour toutes les vapeurs des liquides [1], les corps absorbés occupant à l'état condensé le même volume, celui de la couche d'absorption. Dans cette couche, d'épaisseur très faible, puisqu'elle est égale à la distance d'action des forces d'adsorption, l'iode est liquide au-

---

[1] Demougin, *loc. cit.*, p. 51.

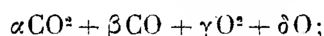
dessus de 114° et ne prend pas l'état cristallisé même aux températures très inférieures au point de fusion; le rapport de la densité de l'iode cristallisé à celle de l'éther, soit $4,9/0,73 = 6,7$, est en effet très différent de celui trouvé pour le rapport des absorptions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le calcul des températures des flammes.* Note de MM. **Gustave Ribaud** et **Anatollah Rochan Zaer**, présentée par M. A. Cotton.

Les calculs de températures de flammes, du moins aux températures élevées, se présentent sous une forme assez laborieuse du fait de la dissociation importante des produits de la combustion et aussi en raison de la variation de la chaleur spécifique de ces produits avec la température.

Précisons par un exemple. La combustion des corps $C + O^2$, pris à 0°, fournit CO^2, pris à 0°, avec un dégagement de chaleur Q. Dans une flamme, la chaleur Q sert, en fait, à porter CO^2 à une température t que l'on se propose de calculer; il est entendu, d'ailleurs, qu'au cours de l'échauffement CO^2 se dissociera partiellement, fournissant CO, O^2 et de l'oxygène atomique.

Jusqu'ici en opérait par approximations successives [1]; la méthode peut se résumer ainsi pour l'exemple ci-dessus. Partant de CO^2 à 0°, si on le porte à une température t arbitraire, on obtiendra finalement



$$\alpha CO^2 + \beta CO + \gamma O^2 + \delta O;$$

les quatre coefficients α, β, γ, δ se calculant au moyen des constantes de dissociation de CO^2 et O^2 et en tenant compte de ce que l'on doit avoir dans le mélange 1^{at} C et 2^{at} O. Pour passer de CO^2 (à 0°) au mélange final (à t°) il faut fournir q calories, nécessaires pour dissocier CO^2 et O^2 et pour porter les produits finaux de 0° à t°. En général q ne se trouve pas égale à Q; il importe alors de choisir des valeurs successives de t jusqu'à ce que l'on ait $q = Q$. La méthode, ainsi conduite, se présente sous une forme extrêmement laborieuse [2], surtout lorsqu'il s'agit de flammes d'hydrocarbures dans lesquelles les corps chimiques présents dans la flamme peuvent être au nombre de huit.

---

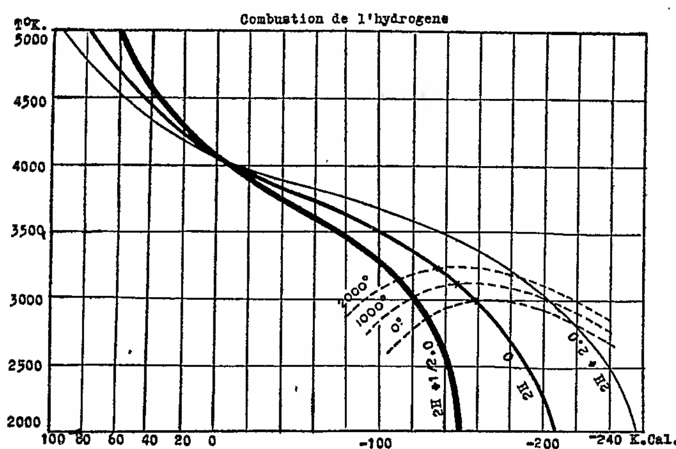
(1) G. Ribaud, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 369. Conférences d'actualités scientifiques, n° X.

(2) P. Montagne, *Thèse de doctorat*, Paris, 1934.

Mais on peut envisager autrement les choses. Si notre calcul, effectué à t°, nous a donné par exemple $q > Q$, rien n'empêche de supposer que l'on a fourni artificiellement à la réaction la quantité de chaleur supplémentaire nécessaire $q - Q$, par exemple en chauffant convenablement au préalable les corps mis en réaction, ou par tout autre moyen.

Par ailleurs, il est évident que rien ne distingue, au point de vue des calculs, les combustions $C^2H^2 + O^2$ et $2C + 2H + 2O$, si ce n'est la quantité de chaleur Q mise en jeu; le calcul de q en fonction de t ainsi que la détermination des constituants finaux de la flamme ne sont en rien changés.

Ce qui précède conduit alors à tracer, pour un mélange donné de constituants, la courbe qui donne $q - Q$ en fonction de t; il y a avantage à



choisir ces constituants sous forme d'atomes supposés isolés et pris à 0°, quitte à tenir compte ensuite, dans chaque cas particulier, de la chaleur correspondant au passage de cet état à l'état réel utilisé en pratique. Les courbes que nous avons ainsi tracées pour les flammes les plus usuelles se sont montrées d'un usage extrêmement commode; nous voudrions le préciser au moyen du graphique reproduit dans la présente Note.

Prenons par exemple la courbe relative à $2H + O$ et résolvons graphiquement quelques problèmes.

Remarquons d'abord que l'ordonnée zéro fournit la température de la flamme évidemment hypothétique, dans laquelle on mettrait en présence 2^{atm} d'hydrogène et 1^{atm} d'oxygène pris à 0°.

Température du chalumeau oxhydrique $H^2 + 1/2\, O^2$ *dans lequel les gaz sont pris*

à 0°. — Il faut prendre sur la courbe l'ordonnée correspondant au passage de $H^2 + 1/2\,O^2$ à $2\,H + O$, c'est-à-dire la quantité de chaleur de dissociation de H^2(100700^{cal}) additionnée de la chaleur de dissociation de $1/2\,O^2$(58700^{cal}), l'ordonnée ainsi obtenue (— 159400^{cal}) nous donne la température $t = 2960^\circ$K.

Température du même chalumeau dans lequel on réchauffe préalablement les gaz à 2000°C. — Il faut ajouter à la quantité de chaleur précédente la chaleur que l'on cède aux gaz $H^2 + 1/2\,O^2$, lorsqu'on les porte de 0° à 2000°, c'est-à-dire 23500^{cal}; à l'ordonnée — 136000^{cal} correspond la température 3200°K.

Enfin, on peut imaginer un chalumeau dans lequel on ferait brûler H *et* O *atomiques portés préalablement à* 2000°C.; la quantité de chaleur à adopter ici est égale à + 30000 calories, ce qui fournit 4330°K.

Le graphique permet également de rechercher la composition du mélange fournissant la température maximum; la courbe en pointillé marquée 0° joint les points correspondant aux mélanges $H^2 + O^2$, $H^2 + 1/2\,O^2$, $H^2 + 1/4\,O^2$ pris à 0°; la courbe marquée 2000° correspond à la combustion des mêmes mélanges mais chauffés préalablement à 2000°C.

Signalons enfin qu'aux graphiques indiqués ci-dessus on peut adjoindre des tableaux fournissant la composition du mélange final pour quelques points choisis sur les courbes; par interpolation faite sur ces tableaux, on aura pratiquement les compositions de toutes les flammes que l'on peut être amené à réaliser.

PHYSICOCHIMIE. — *Mesure directe des faibles pressions de vapeurs saturantes.* Note de M. **Georges Fouretier**, présentée par M. Ch. Fabry.

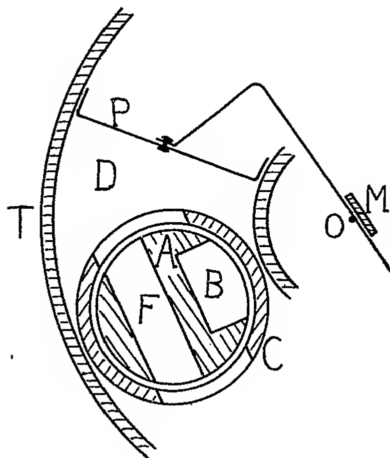
On mesure généralement les faibles pressions de vapeurs saturantes (10^{-3} mm de mercure et au-dessous) par des méthodes indirectes : *a*. Méthode du courant gazeux : Le poids de la substance entraînée par un volume donné de gaz inerte détermine le produit PM de la pression cherchée par la masse moléculaire de la vapeur saturante. — *b*. Méthode de l'écoulement moléculaire : Le poids de vapeur saturante qui s'écoule dans le vide par un orifice en mince paroi de section connue et suffisamment petite en un temps donné détermine le produit $P\sqrt{M}$: Knudsen (1), Volmer et Kirchhoff (2).

Nous avons réalisé un appareil qui permet de mesurer directement la

(1) *Ann. der Phys.*, 29, 1909, p. 179.
(2) *Zeits. phys. Chem.*, 115, 1925, p. 233.

pression d'une vapeur saturante, dans de bonnes conditions, de quelques milliêmes à quelques millioniêmes de millimètre de mercure.

Un piston P (*fig.* 1) est fixé à un fil de torsion O perpendiculaire au plan horizontal de la figure, par torsion du fil, P se déplace sans contact mais avec un jeu très petit dans un tube T en forme d'arc de tore d'axe O. Les déplacements de P mesurés à l'aide du miroir M donnent la différence



des pressions qui s'exercent sur les deux faces du piston, l'appareil ayant été taré mécaniquement. Le tube T est traversé par un tube C cylindrique vertical muni de deux larges ouvertures latérales; dans C peut tourner une pièce métallique massive A portant une large fente F et un logement B dans lequel on place la substance à étudier. L'ensemble est placé dans une enceinte à température constante dans laquelle on entretient un bon vide au moyen d'une pompe à diffusion et de pièges refroidis convenablement disposés; la rotation de A est commandée de l'extérieur à l'aide d'un aimant.

Dans la position représentée sur la figure, la fente F égalise les pressions sur les deux faces de P et l'on détermine le zéro de l'appareil; on tourne A de façon que B débouche dans l'espace D presque clos, et la déviation que prend l'équipage en quelques minutes mesure la pression cherchée.

Nous avons vérifié expérimentalement le peu d'influence des fuites existant entre l'espace D et le reste de l'enceinte, et de la pression des gaz résiduels dans l'enceinte.

a. Fuites. — La surface d'évaporation de la substance étudiée étant

d'environ 4^{cm^2} et la canalisation reliant l'appareil au piège refroidi le plus proche étant équivalente à un orifice en mince paroi d'environ 3^{cm^2}, l'ensemble des fuites normales est équivalent à un orifice en mince paroi de $0^{cm^2},016$ seulement (valeur calculée à partir de pesées : Les fuites laissent échapper 80^{mg} de benzophénone en 20 heures à 32°). Quand on a une fuite double de la fuite normale, toutes choses égales d'ailleurs, la déviation de l'appareil ne diminue que de 1 pour 100 pour la benzophénone.

b. Gaz résiduels. — Aux pressions suffisamment basses, le courant de vapeur ne doit pas entraîner sensiblement le gaz résiduel de l'enceinte, et l'erreur due à la différence de pression de ce gaz sur les deux faces du piston doit être faible par rapport à cette pression. Nous avons constaté que pour une pression de vapeur de $0^{\mu},71$ de mercure, l'indication de l'appareil n'était pas modifiée de $0^{\mu},002$ quand la pression résiduelle variait entre $0^{\mu},01$ et $0^{\mu},60$.

Il faut 3 heures pour déterminer à 1 pour 100 près un point d'une courbe de pression de vapeur saturante.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous, à côté des résultats de Volmer et Kirchhoff (*loc. cit.*) ceux de nos mesures faites sur la benzophénone avec un équipage sensible à $10^{-3}\mu$:

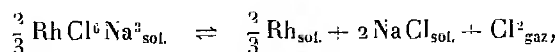
$t°$.	P (μ de Hg).	P (V et K).	
32,3	1,52		
32		1,418	
26,0	0,71	0,6859	0,7614
20,1	0,365		
14,0	0,.70		
8		0,0694	

Nous avons ainsi un moyen de mesurer assez rapidement les très faibles pressions de vapeurs saturantes, indépendamment de leur masse moléculaire.

L'examen de l'établissement de la pression permet en outre d'étudier l'adsorption sur la surface du piston. D'autre part un dispositif analogue à celui décrit ici peut évidemment servir de manomètre absolu dans un grand nombre de cas.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Décomposition thermique des chlororhodates.* Note de MM. **Guy Gire** et **François Puche**, transmise par M. M. Delépine.

Dans une étude sur la dissociation thermique de certains chlorosels de la mine du platine, l'un de nous [1] étudia la décomposition du chlororhodate de sodium et montra la réversibilité de la réaction



$$\frac{2}{3}\,\mathrm{RhCl^6Na^3}_{\mathrm{sol.}} \rightleftharpoons \frac{2}{3}\,\mathrm{Rh}_{\mathrm{sol.}} + 2\,\mathrm{NaCl}_{\mathrm{sol.}} + \mathrm{Cl^2}_{\mathrm{gaz}},$$

qui constitue un système monovariant dont il mesura les pressions d'équilibre jusqu'au-delà du point de fusion du chlorure de sodium.

L'étude du produit après la réaction montrait bien, à côté du chlororhodate non décomposé, du chlorure de sodium et du rhodium métallique sous forme de paillettes très brillantes, mais à aucun moment on ne put déceler la présence d'un chlorure de rhodium.

L. Wöhler et W. Müller [2] étudièrent, peu après, la dissociation des chlorures de rhodium et notamment la décomposition



$$2\,\mathrm{RhCl} \rightleftharpoons 2\,\mathrm{Rh} + \mathrm{Cl^2}.$$

Ils trouvèrent pour cette réaction des tensions sensiblement inférieures à celles trouvées pour le chlororhodate de sodium :

	Dissociation de $RhCl^6Na^3$.			Dissociation de RhCl.		
t^0	638	737	784	780	845	886
p (en mm de Hg)	26,3	97,3	202	25	106	215

Ces résultats infirmeraient la réversibilité de la décomposition du chlororhodate de sodium qui, après décomposition en récipient clos, devrait alors donner le chlorure RhCl ou même un chlorure supérieur $RhCl^2$ ou $RhCl^3$ dont les tensions de chlore, pour une même température, seraient également inférieures aux siennes. Il faut noter toutefois que si l'on calcule la chaleur de décomposition de RhCl par le coefficient angulaire de sa courbe logarithmique au voisinage de la pression normale, on trouve une valeur de $44\text{-}45^{\mathrm{cal}}$, qui donne pour le rapport Q/T, où T, température de tension normale, est égale à 1238°, une valeur $Q/T = 0{,}035 - 0{,}036$ vraiment forte.

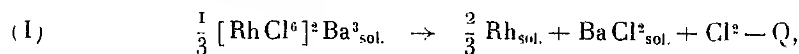
(1) G. Gire, *Ann. de Chim.*, 4, 1925, p. 218 (Mémoire déposé le 29 novembre 1924).
(2) *Z. anorg. allgem. Chem.*, **149**, 1925, p. 125.

Nous avons tenu à reprendre la dissociation des chlororhodates, et tout d'abord celle du chlororhodate de baryum. Ce sel était préparé par action d'un courant de chlore à 650° sur un mélange intime de noir de rhodium et de chlorure de baryum en excès; le chlororhodate formé était séparé par dissolution et cristallisation des produits qui n'avaient pas réagi. Ce sel, après déshydratation, était pulvérisé très finement et mélangé à un très léger excès de chlorure de baryum, puis dissocié. Le produit, après dissociation, ne contenait que du rhodium métallique, du chlorure de baryum et du chlororhodate de baryum.

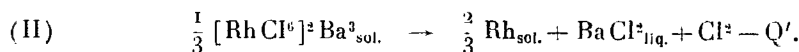
Les tensions obtenues sont réunies dans le tableau suivant; on constate immédiatement que ces tensions sont, pour des températures égales, inférieures aux tensions de décomposition du chlorure RhCl.

Températures		Tensions	Températures		Tensions
en degrés C.	absolues.	(en mm de Hg).	en degrés C.	absolues.	(en mm de Hg).
621	894	8,4	859	1132	96,9
647	920	11	886	1159	129
671	944	15,6	899	1172	155
695	968	20,0	914	1187	188
706	979	25,0	934	1207	227
749	1022	35,9	971	1246	371
783	1056	48,0	987	1260	432
789	1062	53,8	1008	1281	562
813	1086	67,0	1019	1292	692
840	1113	82,3	1053	1326	1085

Si l'on porte en abscisses l'inverse de la température absolue et en ordonnées les valeurs de 0,002 Log P, à l'exception des faibles tensions qui correspondent à un intervalle de température beaucoup plus large, les points figuratifs se placent sur deux fragments de droite se coupant au point $T = 963° + 273$, $P = 311^{mm}$, correspondant à la fusion du chlorure de baryum [point de fusion de $BaCl^2$: 960° (1)]. Le second fragment de droite est plus relevé sur l'axe des abscisses que le premier. Leurs coefficients angulaires représentent respectivement les effets thermiques Q et Q' des deux équilibres



$$\text{(I)} \qquad \frac{1}{3}[RhCl^6]^2Ba^3_{sol.} \rightarrow \frac{2}{3}Rh_{sol.} + BaCl^2_{sol.} + Cl^2 - Q,$$



$$\text{(II)} \qquad \frac{1}{3}[RhCl^6]^2Ba^3_{sol.} \rightarrow \frac{2}{3}Rh_{sol.} + BaCl^2_{liq.} + Cl^2 - Q'.$$

(1) W. R. Fielding, *Chem. News*, **121**, 1920, p. 87 et 150.

On trouve ainsi

$$Q = 32^{cal},9 \qquad Q' = 42^{cal},5.$$

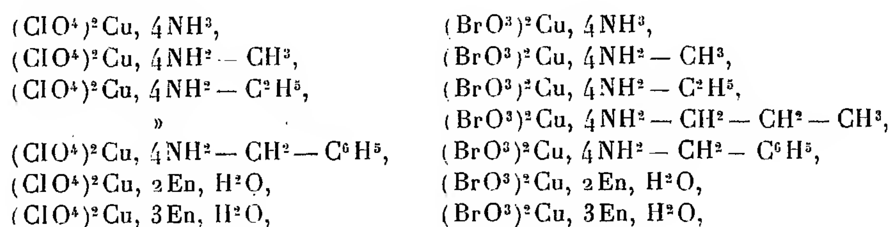
Ce qui donne pour la chaleur moléculaire de fusion de $BaCl^2$:

$$Q' - Q = 42,5 - 32,9 = 9^{cal},6 \quad \text{(chaleur négative)}.$$

Lors de la dissociation du chlororhodate de sodium, nous ne disposions que d'une très petite quantité de ce corps. Il est dans notre intention de reprendre cet équilibre et, s'il est nécessaire, la dissociation du chlorure RhCl.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les perchlorates et les bromates cuivriques complexes formés avec quelques amines primaires.* Note (¹) de M. **Jean Amiel**, présentée par M. Robert Lespieau.

J'ai préparé les composés suivants :



$(ClO^4)^2Cu, 4NH^3$,	$(BrO^3)^2Cu, 4NH^3$,
$(ClO^4)^2Cu, 4NH^2-CH^3$,	$(BrO^3)^2Cu, 4NH^2-CH^3$,
$(ClO^4)^2Cu, 4NH^2-C^2H^5$,	$(BrO^3)^2Cu, 4NH^2-C^2H^5$,
»	$(BrO^3)^2Cu, 4NH^2-CH^2-CH^2-CH^3$,
$(ClO^4)^2Cu, 4NH^2-CH^2-C^6H^5$,	$(BrO^3)^2Cu, 4NH^2-CH^2-C^6H^5$,
$(ClO^4)^2Cu$, 2En, H^2O,	$(BrO^3)^2Cu$, 2En, H^2O,
$(ClO^4)^2Cu$, 3En, H^2O,	$(BrO^3)^2Cu$, 3En, H^2O,

avec la notation En pour l'éthylène-diamine $NH^2-CH^2-CH^2-NH^2$.

$(ClO^4)^2Cu, 4NH^3$, violet, avait déjà été préparé par Portillo (²) et $(BrO^3)^2Cu, 4NH^3$, bleu, par Éphraïm et Jahnsen (³); j'avais déjà décrit (⁴) $(ClO^4)^2Cu$, 2En, H^2O, violet, et $(ClO^4)^2Cu$, 3En, H^2O, bleu.

Tous ces composés sont bleus ou violets, avec toutes les nuances intermédiaires, bien cristallisés. $(BrO^3)^2Cu$, 2En, H^2O, violet foncé, se présente en belles aiguilles, avec extinction oblique au microscope polarisant : il est probablement monoclinique. $(BrO^3)^2Cu$, 3En, H^2O est formé de petits prismes bleus, fonçant peu à peu par altération à l'air.

Préparation. — J'ai fait réagir les amines sur $(ClO^4)^2Cu, 6H^2O$ ou bien

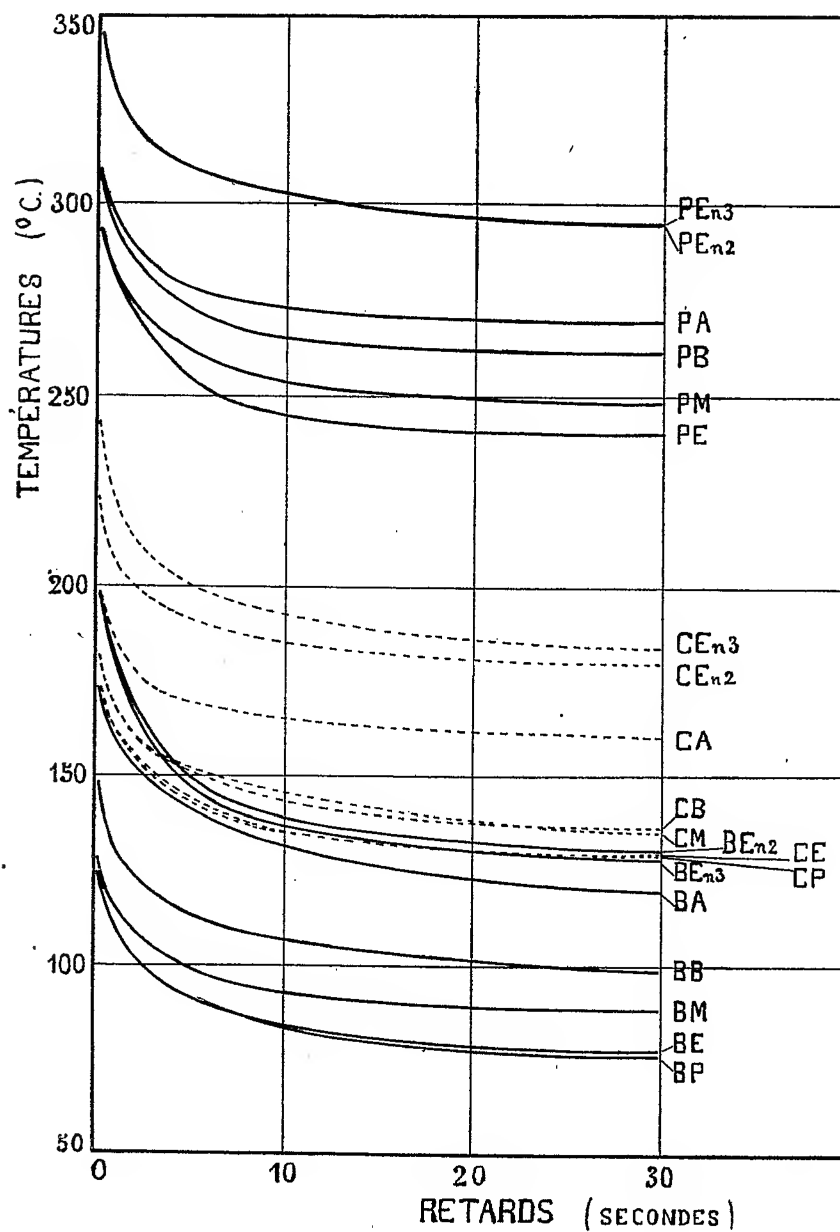
(¹) Séance du 11 février 1935.

(²) *Anales Soc. españ. Fis. Quim.*, 28, 1930, p. 1123.

(³) *Ber. der chem. Ges.*, 48, 1915, p. 41.

(⁴) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 201.

sur $(BrO^3)^2Cu, 6H^2O$ partiellement déshydraté. Il y a intérêt à avoir le



moins d'eau possible. La réaction est très exothermique et peut se terminer par une inflammation toujours dangereuse.

Propriétés. — Ces complexes sont insolubles dans l'éther, le benzène, les alcools, pratiquement insolubles dans l'acétone. L'eau les dissout en les hydrolysant. La potasse et la soude les décomposent, avec départ de l'amine si l'on opère à chaud. Le chlore et l'acide chlorhydrique transforment les perchlorates en cupritétrachlorures; l'acide bromhydrique transforme les bromates en cupritétrabromures [1].

Stabilité. — Ces substances explosent lorsqu'on les chauffe. La figure donne, en fonction de la température du bloc Maquenne, les retards à l'explosion. Les courbes en traits interrompus sont relatives à des chlorates que j'avais déjà décrits [2]. La première lettre P, C ou B indique qu'il s'agit d'un perchlorate, d'un chlorate ou d'un bromate; vient ensuite l'indication de l'amine avec les mêmes conventions que dans le tableau suivant qui donne une valeur approximative des écarts entre les températures d'inflammation.

	Perchlorate à chlorate.	Perchlorate à bromate.	Chlorate à bromate.
	°	°	°
A ($4NH^3$)	109	150	41
M ($4NH^2-CH^3$)	112	160	48
E ($4NH^2-C^2H^5$)	110	162	52
P ($4NH^2-C^3H^7$)	»	»	53
B ($4NH^2-CH^2-C^6H^5$)	124	162	38
En 2 (2En, H^2O)	115	164	49
En 3 (3En, H^2O)	110	167	57

Ephraïm et Jahnsen indiquaient comme température d'explosion en tube ouvert : 158° pour $(ClO^3)^2Cu, 4NH^3$ et 140° pour $(BrO^3)^2Cu, 4NH^3$; ces données, trop vagues, ne sont pas en contradiction avec mes mesures.

A la température ordinaire, l'ammoniac, l'éthylène-diamine, la monométhylamine forment des composés stables et bien définis. Dans le cas extrême de la propylamine, au contraire, le chlorate se conserve plusieurs semaines et le bromate plusieurs heures; quant au perchlorate, il se décompose en quelques minutes et je n'ai pas pu l'étudier.

---

(1) J. Amiel, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 138.
(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 51.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'halogénation de la laine*: Note de MM. **Charles Courtot** et **Alfred Baron**, transmise par M. Delépine.

L'halogénation de la laine (et plus particulièrement le chlorage) a donné lieu à un nombre considérable de travaux dûs à Knecht; Justin Muller; Léo Vignon; Cross, Bévan et Briggs; Allworden; Trotman; Meunier, Latreille et Rey; Adam; Speakman et Goodings; Russina; Edwards, Maim; Herst et King; Von Hove, en ne citant que les principaux auteurs. Mais la plupart des Mémoires sont d'ordre industriel.

Du point de vue scientifique, peu de résultats sont acquis et il n'est pas rare d'y relever quelques contradictions. Cela tient à la nature même de la fibre, mal connue chimiquement.

Dans notre étude de ce problème, examiné sous un angle purement théorique, voici les principaux points acquis :

1° A concentrations moléculaires égales, le chlore et le brome agissent sensiblement de la même façon, alors que l'iode est beaucoup moins actif.

a. En traitant la laine par des solutions aqueuses d'halogène, (N/10 pour 100 du poids de la fibre) on aperçoit des modifications morphologiques superficielles dans le cas du chlore et du brome alors que l'iode est pratiquement sans action. Pour ce dernier halogène, il y a adsorption marquée puisque les teneurs en soufre et en azote d'une laine iodée sont nettement plus faibles que celles de la même fibre chlorée ou bromée. Le dosage direct d'iode corrobore cette observation.

b. Si l'on fait agir un grand excès d'halogène, pendant plusieurs semaines, toujours à température ordinaire, et en solution aqueuse, la différence d'action des trois halogènes envisagés est encore plus manifeste. Le chlore ainsi que le brome solubilise 60 pour 100 environ du poids de la laine, tandis que l'iode provoque une coloration brune extrêmement foncée sans pour cela que les caractères morphologiques soient sensiblement modifiés [1].

2° Une oxydation du soufre de la laine ne paraît pas intervenir dans le processus de solubilisation.

---

[1] Nous retrouvons les chiffres donnés par Knecht (*J. Soc. chem. Ind.*, 11, 1892, p. 131), mais il convient de faire remarquer que notre traitement a été effectué à température ordinaire, alors que cet auteur a extrait plusieurs fois à l'eau bouillante la laine, chlorée par du chlore humide. Léo Vignon, dans une expérience de chlorage

3° Les lyses de chlorage et de bromage de la laine dévient vers la gauche le plan de polarisation de la lumière. Et, chose intéressante à noter, la déviation est la même pour les lyses chlorées que pour les lyses bromées, toutes conditions expérimentales égales par ailleurs.

4° Après élimination de l'halogène par un courant d'air *dans les lyses* de laine chlorée et bromée, neutralisation par du carbonate de soude, puis entraînement à la vapeur d'eau, le liquide entraîné possède, entre autres, une odeur nette d'aldéhyde isovalérique. La réaction au réactif de Schiff est positive. On se trouve vraisemblablement en présence d'un mélange d'aldéhydes qui proviennent sans doute de la scission des acides α-aminés, halogénés dans le groupe NH^2; type de réaction observé par K. Langheld (1) sur plusieurs α-aminoacides chlorés.

D'autre part, *le produit de chlorage non soluble directement*, mais solubilisé par traitement au carbonate de soude dilué, soumis à la technique précédente, engendre des produits analogues et en plus forte quantité, semble-t-il.

5° On sait, depuis les beaux travaux de Knecht et de Léo Vignon, que la laine chlorée, puis lavée huit fois, possède quelque temps encore un pouvoir oxydant attribué, soit à du chlore, soit à des substances à allure quinonique. Or, il n'y a aucun rapport entre le chlore éliminé par lavage et le pouvoir oxydant de ces solutions de lavage.

En effet, une laine chlorée (N/1,2 pour 100 d'halogène par rapport à la fibre), immergée durant deux mois et demi dans l'eau distillée et en renouvelant l'eau deux fois par jour, donne un pouvoir oxydant (calculé en chlore) jusqu'à trente fois supérieur à celui que pourrait produire le chlore dosé dans ces conditions. Donc il se forme des produits oxydants (chloramines exclues puisque leur pouvoir oxydant est fonction de leur teneur en chlore) dont nous nous proposons d'étudier la nature.

Un Mémoire détaillé paraîtra dans un autre Recueil.

---

insuffisamment décrite (*Bull. Soc. chim.*, 3e série, 35, 1906, p. 696), prétend avoir produit une solubilisation totale de la fibre. Nos essais répétés ne nous ont pas permis de vérifier ce résultat. La solubilisation totale n'a pu être obtenue qu'après reprise du résidu de chlorage par un alcali ou un carbonate alcalin très dilué (1 pour 100).

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 42, 1909, p. 392 et 2360.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation d'un mélange de deux aldéhydes α-éthyléniques.* Note de M. **Joseph Wiemann**, présentée par M. Lespieau.

L'hydrogénation par le couple zinc-cuivre et l'acide acétique d'un mélange de deux des aldéhydes suivantes : acroléine, aldéhyde crotonique, furfurol, m'a permis d'obtenir chaque fois trois glycols dont un mixte, c'est-à-dire provenant de l'association d'un radical emprunté à une aldéhyde avec un emprunté à une autre ([1]). J'ai montré aussi que dans certains cas, par exemple dans la condensation de l'acroléine et du furfurol, c'est ce glycol mixte, qui prédomine dans le mélange des trois glycols. La réaction étendue au citral additionné d'acroléine ou d'aldéhyde crotonique m'a donné des résultats semblables.

Ainsi un mélange de 1^{mol} acroléine et de 1^{mol} de citral donne $0^{mol},13$ de vinyl-citryl-glycol, $0^{mol},12$ de divinylglycol et $0^{mol},1$ d'un oxyde $C^{20}H^{32}O$.

L'aldéhyde crotonique et le citral pris dans les mêmes proportions donnent $0^{mol},32$ de propényl-citryl-glycol, 0,05 de dipropénylglycol et très peu de l'oxyde $C^{20}H^{32}O$.

Ces glycols doivent renfermer quelques pour 100 d'isomères provenant du citral α, que contient toujours le citral du commerce; il faut supposer, de plus, qu'ils sont constitués par des mélanges contenant les deux racémiques que fait prévoir la présence de deux carbones asymétriques dans leurs molécules.

Quant aux parties bouillant haut (180° à 200° sous 9^{mm}), je n'ai pu y trouver le citralglycol de Verley $C^{20}H^{34}O^2$ ([2]), mais j'en ai isolé un corps $C^{20}H^{32}O$ possédant des propriétés voisines de celles indiquées par Verley pour son glycol, sauf naturellement la composition centésimale : C pour 100, 82,66; H pour 100, 11,05 pour 83,33 et 11,11 théorique; Fb. 181°-182° sous 9^{mm}; n_D^{22} 1,4955; $D_4^{22°}$ 0,9054; Verley donne pour le citralglycol : n_D^{14} 1,500 et D_0 0,934. Les nombres cités veulent : R. M. 92,88; un éther-oxyde provenant de la déshydration du cytralglycol donnerait 92,14, et une cétone par transposition pinacolique 92,71.

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 118 et **198**, 1934, p. 2263.

([2]) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, **21**, 1899, p. 412.

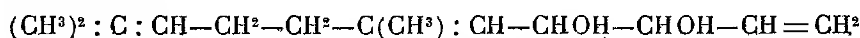
En résumé, la réduction d'un mélange d'aldéhydes α-éthyléniques peut donner, dans certaines conditions, presque uniquement le glycol mixte provenant de la condensation de ces deux aldéhydes; il semble que ces conditions sont : 1° que la vitesse de réduction soit du même ordre pour les deux aldéhydes (exemple citral : et aldéhyde crotonique), et 2°, que ces aldéhydes soient très différentes ; des aldéhydes voisines comme l'acroléine et l'aldéhyde crotonique, qui ont des vitesses voisines, donnent les trois glycols en proportions presque équivalentes.

J'ai dû ici modifier légèrement mon mode opératoire habituel; à cause de l'insolubilité du citral dans l'eau, la réaction est effectuée en milieu eau-alcool à 60-70 pour 100 d'alcool, et en prenant trois quarts de litre de solution pour des mélanges équimoléculaires. Le couple est laissé au contact du liquide jusqu'à ce que l'odeur de l'acroléine ou de l'aldéhyde crotonique ait totalement disparu, ce qui demande trois a six jours. Après filtration, l'alcool est chassé sous pression réduite; le liquide se sépare alors en deux couches; la couche supérieure, lavée à l'eau pour enlever l'acétate de zinc et le divinyl- ou dipropénylglycol, est distillée; elle donne une tête abondante (25 pour 100 du mélange) contenant plus de 90 pour 100 de citral non attaqué [dosage fait d'après la méthode de Tiemann ([1])]. La couche aqueuse est extraite plusieurs fois à l'éther et donne les produits d'hydrogénation de l'acroléine et de l'aldéhyde crotonique.

Le rendement de l'opération est bon, on obtient 30 à 40 pour 100 de mélanges de glycols, 5 à 10 pour 100 de parties intermédiaires, et 20 à 25 pour 100 de citral inaltéré.

Voici les constantes des glycols obtenus :

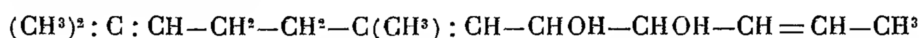
Vinyl-citryl-glycol



$$(CH^3)^2 : C : CH-CH^2-CH^2-C(CH^3) : CH-CHOH-CHOH-CH=CH^2$$

(C %, 74,12; H %, 10,6 pour 74,20 et 10,5 théorique). Éb. 161° sous 10^{mm}; $n_D^{22°}$ 1,4928; $D_4^{22°}$ 0,9463, ce qui donne R. M. 64,46 pour 63,90 théorique.

Propényl-citryl-glycol



$$(CH^3)^2 : C : CH-CH^2-CH^2-C(CH^3) : CH-CHOH-CHOH-CH=CH-CH^3$$

(C %, 74,5; H %, 10,73 pour 75,00 et 10,7 théorique). Éb. 169-170° sous 9^{mm}; $n_D^{22°}$ 1,4940; $D_4^{22°}$ 0,9390, ce qui donne R. M. 69,38 pour 68,50 théorique.

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, 31, 1898, p. 3336.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur les liquides anisotropes.*
Note [1] de M. **Paul Gaubert.**

J'ai signalé [2] la production de liquides biréfringents, ayant les propriétés des liquides cristallins obtenus par fusion, par l'évaporation rapide d'une solution aqueuse (tartrazine très pure, crocéine brillante); d'autre part, dans un autre travail [3], j'ai étudié la biréfringence du liquide plus ou moins visqueux autour des bulles gazeuses. Le but de cette Note est de signaler deux nouveaux exemples de liquides anisotropes obtenus par le même procédé et une propriété des rayons réfléchis par les bulles.

A. Malgré de nombreux essais faits avec diverses matières colorantes, dont beaucoup, étant des composés *para*, ont par conséquent une structure rendant possible la formation de cristaux liquides (D. Vorländer), je n'ai trouvé que deux cas nouveaux fournis par deux matières très communes le bleu de méthylène et le rouge neutre.

Bleu de méthylène. — L'évaporation rapide à chaud d'une goutte de solution aqueuse de ce corps aussi pur que possible sur une lame porte-objet, donne d'abord un liquide biréfringent formant une couche très mince, à cause du faible coefficient de solubilité du bleu et présentant les caractères de la phase nématique. Habituellement les croix noires sont tout à fait déformées, les bras étant tout à fait inégaux, plus ou moins courbes et faisant entre eux un angle quelconque. Le polychroïsme est très fort (rouge violacé et bleu), mais à cause de la très faible épaisseur de la couche liquide, les caractères d'orientation particuliers aux gouttes anisotropes de O. Lehmann, que j'ai retrouvés dans les sphérolites solides d'une des formes du cyanbenzalaminocinnamate d'amyle actif [4], n'apparaissent pas. Cette phase persiste plus ou moins longtemps suivant l'origine du bleu de méthylène, contenant probablement toujours des impuretés. Parfois elle ne se maintient que quelques secondes, de telle sorte qu'il faut être prévenu pour constater sa formation. Comme ce fait doit se produire d'une manière constante avec d'autres matières colorantes, on voit comme il est difficile de mettre la phase liquide biréfringente en évidence,

---

(1) Séance du 11 février 1935.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1436, et **199**, 1934, p. 951.

(3) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 304.

(4) *Bull. Soc. fr. de Min.*, **40**, 1917, p. 8.

d'autant plus que, comme dans la production des états polymorphiques ou de celle des hydrates, la température intervient.

La forme liquide biréfringente du bleu de méthylène est visqueuse. Un trait fait avec une pointe oriente les particules liquides, en effet, il provoque de chaque côté de la rayure, la formation d'une bande biréfringente optiquement homogène très polychroïque, dont l'allongement parallèlement à la direction de la rayure est négatif.

Les cristaux solides formés aux dépens du liquide anisotrope sont monocliniques et se présentent en petites aiguilles ou forment des sphérolites dont l'allongement optique des fibres est négatif. Ils sont plus polychroïques que le liquide cristallin. Suivant n_g la teinte est rouge violacé et bleue ou bleu pâle suivant n_p.

Rouge neutre ou de toluylène. — Les résultats ne sont pas aussi nets qu'avec le bleu de méthylène, bien que la substance soit plus soluble dans l'eau, cela est probablement dû à ce que la solution est un peu colloïdale. Évaporée à sec sur une lame porte-objet, une goutte laisse déposer une couche molle biréfringente donnant l'apparence de la phase nématique rappelant celle du bleu de méthylène, comme avec ce dernier les croix, très petites, sont tout à fait déformées. La phase liquide biréfringente, probablement parce qu'une partie est colloïdale, passe à l'état solide en conservant tous ses caractères. Les cristaux obtenus par une cristallisation lente sont, au contraire, nets.

Quand le corps est encore mou et par conséquent appartient à la phase liquide, la rayure donne des résultats identiques à ceux fournis par le bleu de méthylène. Le polychroïsme existe comme dans ce dernier, mais il est moins prononcé.

B. Dans ma Note déjà citée, j'ai montré qu'au contact de deux bulles gazeuses, le liquide était biréfringent. J'ajouterai que sur les bulles, il peut apparaître à la suite de réflexions de très petites plages en apparence biréfringentes (retard d'un quart d'onde) quand on les examine au microscope avec les nicols croisés. Ici l'anisotropie apparente n'est pas due à la biréfringence du liquide. Par suite de la réflexion à la surface de la bulle, les rayons polarisés rectilignement par le nicol sont polarisés elliptiquement. On observe un phénomène de même nature (mais il s'agit ici de réflexion métallique) en examinant au microscope polarisant de petites billes d'acier parfaitement polies ou des gouttelettes de mercure placées dans un petit cristallisoir disposé sur la platine du microscope.

GÉOLOGIE. — *Premiers résultats d'une mission géologique aux Nouvelles Hébrides.* Note de M. **Edgar Aubert de La Rüe.**

Les Nouvelles Hébrides sont encore peu connues au point de vue géologique et au cours d'une mission accomplie en 1934, j'ai pu faire une série d'observations intéressantes sur la constitution de cet archipel, dont D. Mawson a étudié autrefois certaines parties ([1]). J'ai notamment découvert un socle cristallin, visible en divers points. Dans le sud de l'île Pentecôte, il est formé par un puissant complexe de roches cristallophylliennes, des amphibolites feldspatiques en particulier, et de roches éruptives très diverses. Il y a là des pyroxénolites feldspathiques, des gabbros, des serpentines, des dolérites, des diorites quartzifères, des granites et des aplites. Ces roches, dont l'âge est encore indéterminé, ont souvent subi des actions dynamiques importantes et sont parfois broyées. Des serpentines apparaissent également dans l'ouest de Santo ainsi que dans la zone médiane de Malekula, où elles sont accompagnées de gabbro, de dolérites et de diorites quartzifères. Une de ces diorites, trouvée à l'état de galet à l'embouchure de la Pangkumu, est remarquable par l'abondance du zircon.

Il existe à Malekula, comme à Santo, une série volcanique ancienne, dont je n'ai pu encore préciser l'âge, mais qui est certainement antemiocène. A Malekula, elle est représentée par des andésites porphyriques à amphibole et parfois à hypersthène, comme à l'ouest de Norsup et dans les montagnes des Diraks et par des roches analogues, passant parfois aux dacites, dans la région située à l'ouest de la Grande Baie de Santo. Cette série comprend aussi des tufs volcaniques, très développés dans ces deux îles et en particulier dans le sud-est de Malekula, ainsi que dans les petites îles voisines, telles que Sakau, Aboi, Ui, Wulei et Siope.

Les terrains sédimentaires occupent dans l'archipel une étendue assez considérable. Ils comprennent des poudingues, des grès, des calcaires qui sont généralement récifaux et riches en Foraminifères, des marnes et des argiles. Des tufs volcaniques et des cinérites sont souvent interstratifiés dans cet ensemble. D. Mawson a mis en évidence la présence de couches miocènes en divers endroits. J'ai toutefois constaté que cette série sédimentaire n'est pas limitée au Miocène et qu'elle appartient probablement à la

([1]) *Proc. Linn. Soc. New South Wales*, 30, 1905, p. 400-485.

plus grande partie du Tertiaire. Il est même vraisemblable que les termes inférieurs de ces dépôts sont du Secondaire; notamment les niveaux houillers de la haute vallée de la Pangkumu dans le sud de Malekula. Les termes les plus récents de cette série, des argiles sableuses contenant une faune de Mollusques très riche, sont des dépôts marins pliocènes que j'ai observés à Pentecôte (Namaram) et à Malekula (environs de Norsup).

C'est sur Santo et les îles qui en dépendent, sur Malekula, Maewo, Pentecôte, Efate, Erromango et dans le nord de Tanna que les formations sédimentaires, parfois plissées, ont la plus grande extension. Le Quaternaire est représenté par des cailloutis et des limons fluviatiles très étendus à Santo, Malekula et Efate, ainsi que par des récifs madréporiques soulevés, assez irrégulièrement du reste. Les formations volcaniques récentes, allant du Tertiaire moyen à la période actuelle, jouent un rôle important. Elles sont caractérisées par de puissants épanchements de lave et par des produits de projection très abondants. Ces laves et ces tufs récents constituent en totalité certaines îles, notamment Aoba, Ambrym, Paama, Lopévi, Tongoa et Aneytum, pour ne citer que les principales et partiellement quelques autres telles que Tanna, Erromango, Efate et Epi. Les laves qui dominent sont des andésites augitiques, mais on observe également des andésites à hypersthène, comme dans le centre d'Erromango (Rivière Tantuvubo) et dans l'ouest d'Epi (Région de Ringdove), ainsi que des andésites à hornblende brune, par exemple dans la haute vallée d'Inwililigi à Aneytum. Les termes les plus acides de la série sont des dacites, comme celles qui affleurent aux environs de Ringdove à Epi, et les plus basiques des basaltes à olivine, souvent doléritiques. Ces derniers semblent dominer à Aoba et ont une large extension à Ambrym, dans le nord d'Efate, à Erromango et à Aneytum.

Certaines petites îles, qui à première vue semblent exclusivement madréporiques, comme Aniwa dans le groupe Sud, Wala et Rano dans celui du Nord, sont en réalité formées par des tufs volcaniques jaunes, sur lesquels se sont édifiés les récifs coralliens, aujourd'hui soulevés.

J'ai trouvé dans les tufs andésitiques de Tanna, qui ont un très grand développement, de nombreuses enclaves grenues, en particulier à Port-Résolution, Whitesands, Waisisi et Isangel. Ces enclaves, offrant des faciès très divers, se rapportent toutes à des galbros et à des dolérites, parfois riches en micropegmatite et en quartz résiduel.

En résumé, les observations que je viens de faire aux Nouvelles Hébrides prouvent l'origine continentale de ce groupe et mettent en évidence la

présence d'un socle cristallin, l'extension des terrains sédimentaires tertiaires et probablement aussi secondaires, et l'existence d'au moins deux séries volcaniques distinctes, caractérisées par des éruptions dacitiques, andésitiques et basaltiques. Au point de vue chimique, toutes les roches volcaniques et éruptives rencontrées sont de nature calco-alcaline.

GÉOLOGIE. — *Présence à Faverelles (Loiret) d'un petit horst au milieu du grand voussoir effondré, compris entre les systèmes faillés de Cosne et de Sancerre.* Note de M. **Paul Jodot**, présentée par M. de Launay.

Ce compartiment surélevé est situé à $4^{km},5$ du dernier décrochement d'Arquian (extrémité septentrionale des failles de Cosne) ([1]). Il est enserré entre des failles dont les deux plus importantes, parallèles, sensiblement NS et longues de 600^m environ, sectionnent, au nord de la rivière la Vrille (C^4), le plateau en Cailloutis e_{IV} recouverts par les Cailloutis à chailles (e^3). La pointe nord de la faille occidentale se termine près de la ferme Foizeau bâtie sur la craie C^6 (non visible par abaissement d'axe); au Sud, les failles paraissent se terminer dans le bois avant la limite départementale. Le long de la route de Faverelles à Annay, qui traverse le horst dans sa longueur, les formations stratigraphiques, faiblement inclinées vers le Sud, se composent de :

1° Quelques bancs minces et lités d'un calcaire néritique gréseux à ciment de calcite, à débris ou pseudoolithes de calcaire grumeleux imprégné ou non d'oxyde de fer et de calcaire concrétionné, parfois avec nodules pisolithiques calcaires de 1 à 3^{cm}; rares fragments de pélécypodes. — 2° Des argiles, peu épaisses, sableuses, jaunes ou ferrugineuses avec nodules calcaires et concrétions d'oxyde de fer : zone humide avec mare. — 3°-4° Au point bas de la route, des éboulis et l'absence d'un niveau d'eau empêchent de localiser les Argiles de Myennes, probables et très réduites, si, dans le bois en contre-pente, la masse sableuse, peu puissante et mal caractérisée par suite de son mélange à des limons, est identifiée avec les Sables de la Puisaye. — 5°-7° En surface du bois, des morceaux de grès et de poudingues lustrés (e_{IV}), et les vestiges d'un calcaire à fossiles lacustres ([2]) (Ludien inférieur) sont recouverts largement par

---

([1]) Paul Jodot et Paul Lemoine, *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 454.

([2]) Lockart signale des ossements (reptiles, maxillaire inf. et astragale d'un « gros *Lophiodon* »), trouvés en creusant un puits à Faverelles, dans une marne, probablement du même âge que les calcaires e^3. Au musée d'Orléans où ces fossiles furent déposés, il n'existe qu'une dent et une vertèbre de *Crocodilus Rollinati*. Ni la tortue, ni le *Lophiodon* n'ont été retrouvés : la détermination incontrôlable de ce dernier reste suspecte.

les Cailloutis à chailles, qui masquent les failles. — 8° Enfin, épars sur 1 et 2, des blocs décalcifiés, siliceux légers et spongieux, à opale globulaire, spicules calcédonieux de *Lithistidæ*, etc., correspondent aux cherts campaniens du Cher.

Les faciès, chert n° 8 et calcaire n° 1, sont inconnus dans la région. Les niveaux 1 et 2, qui semblent stratigraphiquement passer sous l'Albien vraisemblable, peuvent appartenir à l'Infracrétacé. Comme, à ces époques, l'emplacement de Faverelles correspondait au bord méridional du détroit Morvano-Vosgien, j'eus l'espoir de retrouver ces faciès sur la bordure N de ce chenal : mais il n'existe pas de calcaires identiques dans la collection Péron; et d'aimables spécialistes de ces niveaux dans l'est du Bassin de Paris : MM. G. Corroy, J. Lambert, P. Lemoine, J. Oudart et H. Vincienne, ne connaissent pas ces faciès.

Les calcaires n° 1 ont dû se former localement durant l'un des envahissements du détroit Morvano-Vosgien par les mers éocrétacées; mais pendant lequel? Impossible de le dire sans faune paléontologique. En attendant : *a*. Je rapporterai les argiles n° 2 aux argiles et grès ferrugineux C^1, ou mieux aux argiles et sables bariolés C, qui affleurent 15^{km} plus au Sud. — *b*. Pour les calcaires, j'incline vers l'Hauterivien, qui, de tous les étages éocrétacés du détroit Morvano-Vosgien, renferme le plus de dépôts calcaires : le calcaire n° 1 ne serait probablement pas le calcaire à Spatangues (¹) régional (²), lithologiquement différent, moins gréseux, très riche en organismes roulés, etc., mais un autre faciès plus terrigène, actuellement non encore repéré.

Sauf le Tertiaire daté, les autres formations sont mal caractérisées ou inconnues dans la contrée; néanmoins, et en attendant confirmation de mes interprétations stratigraphiques :

I. Bien que ce horst soit encadré par la craie C^4 au Sud et C^6 au Nord, ces deux assises crétacées n'y sont pas représentées. Par suite de cette lacune sédimentaire : au moment où la craie C^4 commençait à se déposer, les affleurements hauteriviens-albiens de Faverelles formaient-ils un ilôt émergé de $30\text{-}40^m$, d'où l'on déduirait l'âge albien supérieur de la formation des failles? Hypothèse peu conciliable avec ce que l'on sait, par ailleurs, de la tectonique de la région; — ou plutôt, ce petit coin relevé ne s'est-il pas comporté comme un dôme (sur lequel les cherts campaniens auraient été préservés de la destruction), arasé avant le Sparnacien.

II. Le contact anormal de l'Hauterivien avec les cailloutis tertiaires représente une dénivellation minimum de 70^m, beaucoup plus considérable que celle de la faille voisine d'Arquian (craie C^4 contre Sables de la Pui-

---

(¹) M. G. Corroy (*Thèse*, 1925) cite un *calcaire grèseux jaune* en Haute-Marne.

(²) L'Hauterivien en place, le plus proche de Faverelles, s'observe à 11^{km} SW entre Saint-Amand-en-Puisaye, Bitry et Saint-Verain dans une zone d'affleurement qui se prolonge au S par Chanteloup (gisement à 3^{km} E de La Celle-sur-Loire découvert par M. P. Lemoine) jusque dans le Sancerrois.

saye). Des rejets de cette importance existent dans les failles méridionales du système de Sancerre : le petit môle de Faverelles ne serait donc pas en liaison *directe* avec le système des failles Moussard-Arquian de la rive droite de la Loire.

Isolé au milieu du grand voussoir effondré, compris entre les failles bordière de Cosne et de Sancerre, la présence inattendue du minuscule horst de Faverelles souligne évidemment un accident tectonique profond.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène dans la série du Flysch du Sud de la province de Cadix.* Note de M. **Albert Robaux**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai démontré [1] l'existence du Crétacé supérieur à la base du Flysch dans la province de Cadix. Les profils indiqués ont été arrêtés au Lutétien inférieur transgressif. Mais la série tertiaire s'y complète vers le haut par plusieurs niveaux qui n'avaient pas encore été définis.

La coupe de Manilva (éperon sud de Los Canutos) montre, à partir du Crétacé supérieur :

a. Brèche très peu épaisse, sans fossiles, à éléments de quelques centimètres de calcaires blancs, gris ou jaunâtres, avec silex, etc.

b. Brèche plus fine (éléments de 2 à 10^{mm}) avec *Nummulites globulus* Leym., *N. atacicus* Leym., *N. subirregularis* de La Harpe, *Assilina granulosa* d'Archiac, *Orthophragmina* sp. C'est le Lutétien inférieur, puissant de 20 à 30^{m}. Les éléments montrent en particulier des calcaires liasiques. Ce niveau a été signalé par M. Blumenthal [2].

c. Brèche à éléments encore plus fins, coupée de bancs gréseux avec *Nummulites Fabianii* Prever, *N. Bouilliei* de La Harpe, toutes petites Nummulites indéterminables, Hétérostégines et Orthophragmines. Cette faune caractérise bien l'Éocène supérieur, puissant ici de 15 à 20^{m}.

d. Localement apparaît une nouvelle brèche grossière (éléments de 50^{mm}), dont le ciment est jusqu'ici sous fossiles.

Cette série est affectée d'une faille qui ramène le Crétacé au contact de l'Éocène supérieur. Le tout est couronné en discordance par les Grès de

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 478.

(2) *Assoc. pour l'étude de la Géologie de la Méditerranée occidentale*, 4, II, n° 2, 1931, 2e partie, p. 1 à 44.

de l'Aljibe et plonge à l'Ouest : c'est la retombée Ouest de l'axe anticlinal de Manilva décrit par M. Blumenthal.

Le Nummulitique du Cerro de Argüelles (chemin d'Estepona à Casares) montre, de ce bas en haut :

a. Brèche grossière, sans fossiles, très peu épaisse.

b. Brèche plus fine à *N. subirregularis* de la Harpe, *N. irregularis* Desh., *N. gallensis* A. Heim, *Assilina* sp. etc. Lutétien inférieur.

c. Calcaires plus fins et grès avec toutes petites Nummulites indéterminables : cet horizon paraît l'équivalent du niveau à *Nummulites Fabianii* Prever de la coupe précédente et serait de l'Éocène supérieur.

d. Brèche à gros éléments.

e. Grès de l'Aljibe.

Les brèches nummulitiques ne comportent jamais d'éléments éruptifs, bien que les péridotites de la Sierra Bermeja en soient distantes de 500 à 600^{m} à peine.

Entre ce point et Estepona existe, près de la route, un piton isolé constitué par des calcaires finement bréchoïdes, grisâtres, bourrés de Lépidocyclines, Néphrolépidines, Eulépidines, Hétérostégines et Nummulites du groupe de *N. incrassatus* de la Harpe, *N. vascus* Jol. et Leym. et *N. Boucheri* de la Harpe. Malgré les interprétations nouvelles de MM. Ehrmann et Flandrin (1) qui tendraient à faire commencer les Lépidocyclines dans l'Eocène, on peut estimer que cet horizon correspond à l'Oligocène. Celui-ci doit reposer sur l'Éocène qui n'affleure pas sous le piton en question, mais dont on rencontre des affleurements un peu plus loin avec *N. irregularis* de la Harpe, *N. atacicus* Leym., des Assilines et des Orthophragmines.

Une série moins complète, mais identique pour les niveaux de base, se retrouve au pont de San Enrique, sur les bords du Rio Guadiaro où la retombée Ouest d'un magnifique anticlinal, prolongement de l'anticlinal de Manilva vers le rocher de Gibraltar, montre un très beau Lutétien inférieur avec *Operculina ammonea* Leym., *N. atacicus* Leym. et *subatacicus* Douv., *N. globulus* Leym., *Assilina granulosa* d'Arch., recouvrant les grès d'âge crétacé supérieur.

Vers Algésiras, ce même Lutétien n'existe que localement, mais la série a dû y être complète, car je l'ai retrouvée à 15^{km} de là, à l'Almoraima. Dans les boutonnières des grès de l'Aljibe, à l'intérieur de la chaîne déterminée

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 152.

par cette formation résistante dans la région sud de la province de Cadix, j'ai rencontré, en effet, entre Alcala de los Gazules et Los Barrios, des calcaires bréchoïdes à *N. globulus* Leym., *N. Guettardi* d'Arch., surmontés des grès de l'Éocène supérieur à petites Nummulites à Amphistégines et à *Gypsina globulus* Reuss.

A l'Ouest de cette région, entre Médinia Sidonia et Vejer de la Frontera, une coupe du Cerro del Pico montre de bas en haut :

a. Grès et marnes du Crétacé supérieur à Rosalines.

b. Calcaires marneux consitiués par un banc complètement pétri de *N. globulus* Leym., *N. Guettardi* d'Arch., *Assilina granulosa* d'Arch., *Operculina ammonea* Leym., puis calcaires bréchoïdes à Nummulites habituelles du Lutétien inférieur.

c. Calcaires plus fins à N. cf. *Fabianii*, *Nephrolepidina* sp. *Gypsina globulus* Reuss., qui représentent l'Éocène supérieur.

d. Grès et marnes grises avec *Rotalia* sp. *Gypsina globulus* Reuss., *Amphistegina* sp., *Lepidocyclina* sp. : de nouveau l'Oligocène termine la série nummulitique.

Plus au Nord, le massif de Loma de los Poyales montre encore une série allant du Crétacé à l'Éocène supérieur. L'Oligocène n'y a pas été constaté.

Enfin, à Cortes de la Frontera, on retrouve sur le Crétacé, les calcaires bréchoïdes lutétiens et l'Éocène supérieur avec la faune habituelle à petites Nummulites, à *Gypsina globulus* Reuss, à Hétérostégines et Amphistégines.

En résumé, la série nummulitique est bien développée dans tout le Sud de la Province de Cadix : on y reconnaît le Lutétien, complet lorsque les faunes sont bien conservées et permettent des subdivisions, puis l'Éocène supérieur et localement l'Oligocène.

GÉOLOGIE. — *A propos d'un gisement de Trias fossilifère dans le Rif oriental.* Note de M. **Jean Marçais**, présentée par M. Ch. Jacob.

Des accidents intéressant le Trias ont été signalés depuis longtemps dans le Rif. Tenant compte des réserves formulées par divers auteurs et spécialement par J. Lacoste [1] sur l'âge des couches rouges, qui peuvent appartenir à différents niveaux, on peut retenir que les terrains généralement attribués au Trias sont composés, au moins en zone française, de gypse, sel, ophite, cargneules, dolomies, calcaires et marnes bariolées, couches stériles

(1) *Études géologiques dans le Rif méridional* (*Thèse*, Paris, 1934, p. 441).

jusqu'à ce jour, sauf à Gzouli (Rif méridional), où J. Lacoste [1] a recueilli, dans des dolomies noires, des fossiles hettangiens.

Dans le Rif oriental où les affleurements triasiques, très nombreux, sont généralement chaotiques, l'un deux, particulièrement important par sa masse et sa stratification régulière, m'a fourni des fossiles de Keuper.

Au nord-ouest de Taza (X, 435; Y, 624, F. Boured au 1/200000e), au milieu des reliefs arrondis du Crétacé marnoschisteux, deux collines escarpées dessinent une amande triasique, allongée d'environ 500^m de l'Ouest à l'Est et d'une largeur sensiblement moindre. La coupe fournie par l'oued en aval du Souk el-Djema est la suivante, de l'Ouest vers l'Est : *a*, gypses blancs (2^m), injectés à la fois au contact du Crétacé et dans ce Crétacé même; *b*, dolérite (1^m,50); *c*, bancs marno-calcaires gris fossilifères (10^m); *d*, calcaires dolomitiques noirs recristallisés à entroques (5^m); *e*, dolérites et tufs avec deux bancs rouges intercalés (50^m); ces couches, bien stratifiées, à pendage général 50° Est, constituent la partie occidentale de l'affleurement; *f*, puis, sur une centaine de mètres, des gypses et des dolérites chaotiques; *h*, enfin des dolérites et des calcaires dolomitiques, à pendages divers, en majorité Ouest, qui forment la colline orientale. Plus à l'Est, on trouve des calcaires massifs bleus (Jurassique?). A 1^{km} au Sud-Ouest, un bloc important de Trias paraît être un témoin de l'affleurement stratifié. Partout aux environs d'ailleurs, des masses de gypse affleurent alignées généralement Est-Ouest, et à quelques kilomètres à l'Est se développe, en un vaste fer à cheval, le Trias de Bab Termas.

Dans les éboulis des calcaires (*c*), j'ai recueilli un certain nombre de fossiles que M. M. Schmidt a bien voulu examiner. A un premier examen, il a reconnu : *Promathilda Theodorii* Berg., *Promathilda* sp., *Katosira* sp., *Modiola* sp., *Macrodon* sp., *Nucula* sp., *Avicula gansingensis?*, *Myophoriopsis Keuperina* qu. sp., *Myophoriopsis* sp.; cet ensemble, dit-il, indique une faune d'un type déjà assez saumâtre à ranger probablement dans le Keuper.

Plus récemment, à 10^{km} au Nord, j'ai trouvé des fossiles identiques à ceux soumis à M. M. Schmidt.

Ainsi, pour la première fois dans le Maroc français, on peut affirmer, en deux points au moins, l'âge triasique de ces couches que seul le gisement de Gzouli avait jusqu'ici permis de dater, et encore à leur limite supérieure semble-t-il. D'autre part, cet affleurement nous donne, sur le gisement des dolérites en coulées interstratifiées, des renseignements précis.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 133. *Cardium Philipianum* Dunk., seul fossile qui date exactement le gisement, apparaît au Rhétien (M. Schmidt, *Die Lebewelt unserer Trias*, 1928, p. 200).

A côté de ce Trias certain je peux signaler, dans le Rif oriental, un certain nombre de couches d'âges divers qui miment les faciès du Trias ([1]), à savoir :

Des couches rouges, dans le Toarcien du Dj. Masgout, dans le Jurassique supérieur du Msoun, dans le Crétacé du Bou Mehiris (avec des lits minces de gypse) et dans le Crétacé décollé de l'Inaouen; enfin dans le Miocène, des lits de gypse, minces à Tizeroutine, plus épais dans la plaine de Guercif. D'autre part des roches éruptives apparaissent à différents niveaux et certains rappellent à première vue des roches triasiques : dans le Crétacé du Bou Souab, une microsyénite à faciès lamprophyrique; dans celui du Bou Mehiris, une roche mélanocrate altérée; dans le Nummulitique du Msoun, des basaltes et une basanite probable; enfin dans la série marno-schisteuse secondaire (Aknoul), une roche intrusive. Localement dans la même série, on observe les bancs vacuolaires qui ressemblent beaucoup aux cargneules triasiques.

La très faible épaisseur de ces couches rouges non triasiques et la disposition en bancs minces et cristallisés des gypse font penser qu'il peut s'agir parfois de matériel triasique remanié au cours de la sédimentation (LACOSTE, *loc. cit.* p. 322) ou déposé par des eaux de circulation ([2]).

Ces couches pseudo-triasiques ne donnent pas lieu, à ma connaissance, à des phénomènes tectoniques comparables à ceux du Trias. Après avoir décrit des faits analogues dans le Rif méridional, J. Lacoste (*loc. cit.*, p. 441 et 625) suppose qu'au cours de l'ascension et de l'injection des noyaux salifères, ces différents niveaux « ont pu migrer, se joindre par appel latéral à la masse salifère du Trias et du Lias inférieur ». En fait, il semble que la rareté de ces faciès et leur faible développement rendent une telle rencontre et un tel mélange tectonique assez improbables, ou tout au moins exceptionnel. D'une façon générale, je pense que les affleurements qui font apparaître en situation tectonique anormale la série plus ou moins complète des couches décrites tout au début de cette Note, et en particulier des dolérites et des débris de roches du socle, appartiennent en très grande majorité, sinon en totalité, au Trias ou au Lias inférieur ([3]).

([1]) Nous ne citerons pas ici les conglomérats rouges du Sebt d'Ain Amar qui, triasiques pour P. et L. Russo (*Mém. Soc. des Sc. nat. du Maroc*, 20, 1929, p. 73), sont en réalité néogènes (renseignements de M. A. del Valle).

([2]) J. BOURCART, *C. R. somm. Soc. géol.*, 7 nov. 1932, p. 736.

([3]) J. Lacoste (*loc. cit.* p. 624) attribue un âge semblable à la majorité du sel et du gypse des noyaux diapyrs dans le Rif méridional.

MÉTÉOROLOGIE. — *Observation d'une foudre globulaire.* Note [1] de M. **Giorgi.**

Vers 16h d'une journée de fin septembre 1875 ou 1876, je me trouvais à Novale, arrondissement de Corte (Corse) à 700 ou 800m d'altitude, dans une châtaigneraie.

Le ciel était couvert de nuages gris foncé. Aucune brise n'agitait le feuillage. Sentant que l'orage allait éclater, je m'accotais à un rocher, en vue de m'abriter.

Soudain, et presque simultanément, un éclair déchire les nuages, un formidable coup de tonnerre ébranle le sol, tandis que le gros châtaignier situé à une trentaine de mètres de mon abri est, pendant un quart de seconde, en partie éclairé du faîte à la base par une très vive flamme, d'où sortait aussitôt incandescente une sorte de boule guère plus grosse qu'une balle de tennis (7cm de diamètre environ) de couleur blanche laquelle, après quatre ou cinq bonds sur le sol, disparaissait brusquement.

Aussitôt après l'orage, je me rendis au châtaignier espérant trouver, éteinte, la boule en question; très attentivement je parcourus la direction qu'elle avait suivie; je constatais seulement que chaque bond qu'elle avait fait était marqué par éraflure du sol; mes minutieuses recherches tendant à trouver tout ou partie de la boule restèrent infructueuses.

Quant au châtaignier, il avait été décortiqué par la foudre du haut en bas sur une largeur de 15cm environ.

De ce phénomène je conserve le précis et impérissable souvenir.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur les sucres fermentescibles de la farine de froment.* Note [2] de MM. **Louis Genevois** et **Michel Pavloff**, présentée par M. M. Molliard.

Les sucres dits fermentescibles se divisent en deux groupes : des sucres immédiatement fermentescibles en milieu dilué (1g par litre), glucose, lévulose, saccharose, susceptibles de fermenter sans adjonction de cata-

---

(1) Séance du 21 janvier 1935.

(2) Séance du 11 février 1935.

lyseurs et fermentant rapidement après adjonction d'un catalyseur convenable (facteur Z de Euler et Swartz) (1) et des sucres non immédiatement fermentescibles en milieu dilué, tels que le maltose, qui ne fermente qu'après adjonction de facteur Z et avec une grande lenteur. Cette distinction vaut au moins pour les levures couramment employées en boulangerie et en brasserie. Elle a déjà été publiée par nous en 1933 (2).

Il est possible de déterminer, par fermentation, l'ordre de grandeur, d'une part des sucres immédiatement fermentescibles, d'autre part des sucres peu fermentescibles, du type du maltose, dont la vitesse de fermentation peut être 10 fois plus lente que celle des autres sucres. Appliquant ces résultats aux farines de blé, étudiant à la fois les suspensions de farine et les extraits aqueux de farine, nous avons pu doser, dans diverses farines, le stock initial de sucres immédiatement fermentescibles; ce stock est constitué principalement par des sucres non réducteurs, par le saccharose dosé par Aimé Girard et Fleurent, de Cugnac, Colin et Belval.

Il se forme dans les macérations aqueuses de beaucoup de farines, mais non dans toutes, des sucres immédiatement fermentescibles en 3 à 5 heures : le stock initial de sucres immédiatement fermentescibles peut être doublé. Ce phénomène paraît nouveau, et important dans l'appréciation de la valeur boulangère des farines.

Il se forme de même par macération dans toutes les farines des sucres lentement fermentescibles du type du maltose, sans doute par action de l'amylase propre de la farine. Ce phénomène déjà connu paraît de peu d'importance, le maltose apparu étant infermentescible en l'absence de facteur Z.

Les extraits de farine, contiennent en quantités très variables selon l'origine des farines, des glucides à la fois non réducteurs et non fermentescibles, donnant des sucres réducteurs et partiellement fermentescibles par hydrolyse totale. Il s'agit sans doute de la lévosine de Tanret (3), retrouvée depuis par de Cugnac, Colin et Belval. Les gommes étudiées par Geoffroy (4) entrent sans doute pour une faible part dans cette

(1) *Zeitschr. für physiol. Chemie*, **140**, 1924, p. 146; **141**, 1924, p. 197; **176**, 1928, p. 257; **178**, 1928, p. 202; **193**, 1930, p. 15 et 181; **195**, 1930, p. 81.

(2) J. Brissou et L. Genevois, *C. R. Soc. Biol.*, **117**, 1931, p. 865; *Ann. de la Brasserie*, 31, 1933, p. 321.

(3) *Comptes rendus*, **112**, 1891, p. 293.

(4) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 16, 1934, 1927; de Cugnac, *Bull. Soc. Bot. France*, **79**, 1932, p. 231; Colin et Belval, *Comptes rendus*, **196**, 1933, 1825.

catégorie. Certains blés du Manitoba semblent très pauvres en glucides non réducteurs et non fermentescibles : les blés français semblent au contraire riches en lévosine.

Les farines contiennent en quantités très variables des substances catalytiques du type du facteur Z; ces substances semblent en général peu solubles dans les farines. Les farines favorablement appréciées au point de vue de la fermentation panaire paraissent riches en facteur Z; la détermination de ce facteur paraît un élément important d'estimation des farines.

Toute altération subie par la farine, ou par le blé dont provient la farine (farine maltée ou blanche, farine de blés germés ou échauffés) se traduit immédiatement par des anomalies considérables et caractéristiques des courbes de fermentation, alors que les dosages de sucres, réducteurs ou non, ne font apparaître aucune anomalie, ou seulement des anomalies légères.

Les résultats décrits ci-dessus ont été obtenus en dosant comparativement, d'une part les sucres réducteurs avant et après hydrolyse, dans des macérations de farine ayant duré de quelques minutes à 5 heures, d'autre part les sucres fermentescibles dans les mêmes extraits de farine, avec et sans facteur Z et dans les suspensions de farine au même taux; la fermentation a été suivie pendant 8 heures dans des manomètres de Warburg, en atmosphère de CO^2 pur. On trouve ainsi de 2 à 5^{mg} de sucres immédiatement fermentescibles pour 100^{mg} de farine, et de l'ordre de 1^{mg} de maltose dans les extraits ayant duré de 1 heure à 5 heures.

ZOOLOGIE. — *Céphalopodes du genre* Vitreledonella *trouvés dans des estomacs de Germons, au large du golfe de Gascogne.* Note de Mme **Jeanne Bouxin** et M. **René Legendre**, présentée par M. M. Caullery.

L'examen des proies contenues dans les estomacs de Germons pêchés au large du golfe de Gascogne et apportés à Concarneau fournit de précieux renseignements sur la faune pélagique de l'Atlantique oriental tempéré et procure parfois des espèces rarissimes. L'un de nous (¹) a déjà fait connaître les Poissons ainsi recueillis.

Les Céphalopodes, bien que moins nombreux, appartiennent à plus de vingt espèces, dont certaines encore imparfaitement connues.

Nous signalerons particulièrement trois Céphalopodes reçus le 11 sep-

(¹) R. Legendre, *Annales de l'Institut Océanographique*, 14, 1934, p. 247-418.

tembre 1932, les 6 juillet et 1er août 1933, appartenant au genre *Vitreledonella* Joubin, dont on ne connaissait que 5 individus répartis en 4 espèces.

Le genre *Vitreledonella* et l'espèce *V. richardi* furent créés en 1918 par Joubin pour un Octopode de 300mm de longueur totale, trouvé dans un chalut remonté de 5300m par le Prince Albert de Monaco, le 10 août 1912, à l'ouest de la fosse de Monaco et au sud de l'île San Miguel, près des Açores. En 1924, Joubin créa une nouvelle espèce, *V. alberti*, pour deux autres individus trouvés par le Prince de Monaco, les 15 et 16 août 1911, dans des filets remontés de 3500m, entre les Açores et Madère; le premier a 140mm de longueur totale; le second est en si mauvais état que sa spécification reste incertaine. En 1929, Joubin fit une troisième espèce, *V. ingeborgae* pour un nouvel animal, long en tout de 330mm, contenant 540 larves de 4,5 à 5mm, libres sous le manteau et trois embryons de 3mm dans la peau de la face dorsale, que le « Dana » avait capturé, le 13 juin 1922, dans un filet traîné à 2000m, au sud des Açores. Enfin, Robson, en 1930, décrivit une quatrième espèce, *V. translucida*, d'après un individu long de 60mm, pris par la « Discovery », le 31 juillet 1927, dans un chalut à mailles fines, entre 200m et la surface, au sud de l'Équateur, au large de Saint-Paul de Loanda, sur la côte portugaise d'Afrique. A ces cinq spécimens se bornent nos connaissances du genre *Vitreledonella*.

Nos trois récoltes étendent l'aire géographique du genre jusqu'au large du Golfe de Gascogne, à la latitude de Concarneau, où les thonniers pêchent au début de septembre.

Joubin avait songé, à propos de *V. richardi*, à un être pélagique, en raison de sa transparence et de sa fragilité, puis il a préféré en faire un animal rampant sur le fond et susceptible de le quitter. Les autres individus qu'il a décrits ont été pris dans des engins remontés ouverts de grandes profondeurs jusqu'à la surface. La rencontre de *V. pellucida* dans un filet traîné à 200m seulement et nos trouvailles dans les estomacs de Germons pris à la ligne en surface font penser à une vie pélagique.

Joubin avait placé le genre *Vitreledonella* au voisinage de *Bolitæna* et d'*Eledonella*, dans la famille des *Bolitænidæ*, de la tribu des Ctenoglossa. Robson (1930) en a fait une famille distincte, celle des *Vitreledonellidæ*, qu'il place avec les *Octopodidæ* dans la tribu des *Heteroglossa*. Il considère *Vitreledonella* comme un genre de position systématique obscure, plus voisin des Hétéroglosses par la radula, l'hectocotyle, le système nerveux concentré, que des Cténoglosses dont le rapproche l'absence de coquille vestigiale et d'appareil adhésif.

Robson, qui a vu les exemplaires de la « Princesse Alice », a maintenu les espèces de Joubin, tout en pensant que *V. alberti* pourrait être le mâle de *V. richardi*. Il estime que *V. ingeborgæ* est également une espèce bien dis-

tincte, dont *V. pellucida* se rapproche plus que deux premières. Il est difficile pour le moment d'apprécier la valeur des caractères distinctifs de ces quatre espèces, représentées chacune par un unique individu de taille différente et en plus ou moins bon état. C'est pourquoi nous ne nous aventurerons pas à créer dès maintenant une cinquième espèce pour nos captures. Robson a trouvé pour le rapport des bras à la longueur totale: 78 à 80 pour 100 chez *V. richardi*, 72 pour 100 chez *V. alberti* et *V. ingeborgæ* et seulement 54 pour 100 chez *V. translucida*. Nos trois exemplaires donnent 52 à 53 pour 100 et se rapprochent ainsi de *V. translucida*, mais il ne faut pas oublier qu'ils sont les plus petits et que les bras sont relativement beaucoup plus courts chez les jeunes de nombreux Céphalopodes. La disposition des ventouses sur les bras fournit un autre caractère moins variable; nos exemplaires se rapprochent également à ce point de vue de *V. pellucida*.

PHARMACOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de la corynanthine sur la circulation pénienne du chien.* Note (¹) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Charles Richet.

Bien que E. Perrot (²) l'ait découverte dès 1909 et que Fourneau et Fiore (³) aient bientôt démontré son isométrie avec la yohimbine, on ignore encore si la corynanthine, alcaloïde cristallisé du *Pseudocinchona africana* A. Chevalier, possède les mêmes propriétés physiologiques que son isomère. On sait seulement, depuis peu d'ailleurs, que la corynanthine est douée, comme la yohimbine, d'une activité sympathicolytique typique (⁴) et même qu'elle se montre à cet égard, deux fois plus active que cette dernière (⁵).

Mais on n'a pas encore recherché si l'alcaloïde du *Pseudocinchona africana* partage avec la yohimbine le pouvoir de provoquer une forte vasodilatation des organes génitaux, pouvoir auquel cette dernière doit son introduction dans la thérapeutique humaine et son inscription dans la pharmacopée allemande.

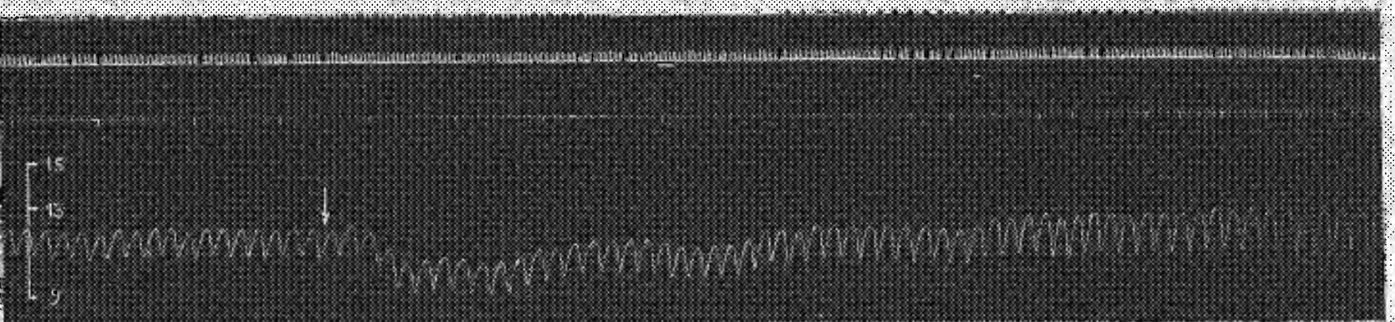
(¹) Séance du 11 février 1935.

(²) *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1465-1467.

(³) *Bull. de la Soc. chimique de France*, 4ᵉ série, 9, 1911, p. 1037-1040.

(⁴) Raymond-Hamet, *Revue de Pharmacol. et de Thérapeut. expériment.*, 2, 1930, p. 22-28.

(⁵) E. Rothlin et Raymond-Hamet, *C. R. de la Soc. de Biologie*, 117, 1934, p. 978-979 et 118, 1935, p. 33-36.



Chien de 22^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kilogramme), bivagotomisé au cou, soumis à la respiration artificielle et ayant reçu, pour rendre son sang incoagulable, une injection intraveineuse de 1^{g},50 de Novirudine. — Première ligne : temps en secondes. Deuxième ligne : modifications du débit de la veine dorsale de la verge, chaque trait vertical correspondant à l'écoulement d'environ 1$^{cm^3}$,5 de sang. Troisième ligne : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. — Au point marqué par la flèche, injection, dans la saphène, de 4^{mg},4 de chlorhydrate de corynanthine dissous dans 8$^{cm^3}$,8 de soluté physiologique de chlorure de sodium. — Tracé réduit des 4/10e.

Pour le savoir nous avons employé une technique nouvelle inspirée de celle qu'Eckhard (¹) utilisa jadis pour mettre en évidence les effets vasodilatateurs de l'excitation des *nervi erigentes*.

Chez un chien de forte taille, anesthésié par le chloralose, bivagotomisé au cou, soumis à la respiration artificielle et dont le sang a été rendu incoagulable par une injection intraveineuse de Novirudine, on lie une des veines dorsales de la verge et on introduit dans l'autre une canule de verre qui, par un tube de caoutchouc, amène le sang sur la pelle oscillante d'un compteur de débit très sensible du type Condon (²).

Cette technique nous a permis de constater que, comme le montre le tracé ici reproduit, après l'injection dans la saphène de $0^{mg},2$ de chlorhydrate de corynanthine par kilogramme d'animal, le débit de la veine dorsale de la verge augmenta progressivement, devint bientôt ainsi plus de deux fois plus rapide qu'initialement et resta tel pendant plusieurs minutes.

Il convient de remarquer que, sous l'influence de cette faible dose de corynanthine, la pression carotidienne s'abaissa légèrement puis revint progressivement mais lentement à son niveau initial qu'elle parvint même finalement à dépasser légèrement.

Il convient encore de noter que l'accroissement du débit sanguin de la veine dorsale de la verge persista longtemps encore après que la pression artérielle fut revenue à son niveau initial; il est ainsi démontré que l'action vasodilatatrice de la corynanthine s'exerce plus particulièrement sur les vaisseaux péniens.

TÉRATOLOGIE. — *Six cas de thoradelphie chez le porc et le mouton.* Note (³) de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

La forme de monstruosité double que j'ai signalée (⁴) est bien moins rare que ne le disent les classiques.

En effet, un vétérinaire de Vendée, praticien aux Moutiers-les-Mauxfaits, nous signale que, depuis 15 ans qu'il exerce dans cette contrée, il a

---

(¹) *Beitr. z. Anatomie u. Physiologie*, 3, 1863, p. 123-166.

(²) *Journ. of Physiology*, 46, 1913, p. XLVI.

(³) Séance du 11 février 1935.

(⁴) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 494.

pu observer, à lui seul, cinq cas de thoradelphie chez le porc ([1]) et un cas chez l'agneau.

Récemment, il a enregistré le cinquième fait chez le porc; et cette observation est extrêmement intéressante, parce qu'elle a été suivie d'une autopsie très soignée, exécutée en 1924. En voici la description d'après la Note qu'il nous a remise et que nous rapportons telle quelle.

Il résulte des observations recueillies jusqu'ici que la thoradelphie vraie se rencontre surtout chez les animaux domestiqués (porc, agneau, veau, etc).

C'est une monstruosité double remarquablement fixée, ce qui est rare, et dû à ce que la partie sous-ombilicale d'un mammifère est très distincte de sa région thoracique.

La thoradéradelphie est intermédiaire entre la *déradelphie* et la *thoradelphie*. Dans cette sorte de monstruosité, en effet, la soudure est bien totale au niveau de la colonne vertébrale thoracique, au moins dans les deux tiers supérieurs. Mais les quatre omoplates ne sont pas réunies en deux os de façon complète, puisqu'il y a quatre membres antérieurs et non deux comme dans le cas d'Huistric, c'est-à-dire du chat de l'Hôpital maritime de Brest ([2]), ou bien trois seulement (cas de Lesbre et Guinard).

Les thoradelphies vraies, au contraire, ne présentent que deux membres antérieurs par fusion totale des deux moignons embryonnaires donnant naissance à ces membres. Dans ce cas, la fusion du thorax descend, évidemment jusqu'aux vertèbres lombaires, quand la thoradelphie est absolument typique, comme pour le chat publié par nous en 1934.

Ces faits voisinent nettement avec la *pelvadelphie*, où la soudure thoracique descend jusqu'au sacrum.

Dans tous les cas observés par M. Priouzeau, les animaux étaient des *mort-nés;* à l'autopsie, il a toujours trouvé l'un des poumons soit *absent*, comme dans le n° V, cité plus haut; soit très *atrophié*, resté presque à l'état embryonnaire, et très arrêté dans son développement. Cette anomalie, non encore signalée, est très frappante. Ces poumons avortés sont formés d'ailleurs d'un tissu compact. Ils surnagent à peine sur l'eau ou restent entre deux eaux, à l'épreuve hydrostatique (docimasie).

Il est très probable que c'est cet arrêt de développement de l'un des deux

---

([1]) C'est Charles Brongniart qui, le premier, l'a signalée dans cette espèce (1888).

([2]) *La Nature*, Paris, 1er déc. 1934, n° 2942, p. 523, 1 phot.

poumons qui est la cause de la mort du fœtus, lors de son expulsion, au moment de la mise-bas.

J'insiste en terminant sur les deux variétés de thoradelphie déjà connues;

1° *Thoradéradelphie :* trois ou quatre membres antérieurs (chats, d'Huistric et de Lesbre, etc.).

2° *Thoradelphie vraie :* Baudouin (chat); Gurlt (veau); Priouzeau (5 porcs; 1 agneau), c'est-à-dire avec deux membres antérieurs seulement.

Cette distinction n'avait jamais encore été faite. Il importe d'en tenir compte désormais dans toutes les descriptions.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La réaction allergique dans les infections aiguës.* Note de M. **W. Sarnowiec**, présentée par M. E. Leclainche.

On sait que le phénomène allergique peut être mis en évidence au cours de l'évolution des maladies chroniques, telles que la tuberculose, la morve, etc. Il était intéressant, au point de vue de la pathologie générale, de rechercher si ce même phénomène pourrait être constaté dans les maladies aiguës dues aux ultra-virus.

Nous avons choisi pour cette étude la peste porcine et la fièvre aphteuse.

Chez les animaux infectés, nous avons constaté que l'injection d'antigène spécifique provoque certaines réactions se rapprochant beaucoup de celles que l'on observe au cours des évolutions chroniques. On constate, chez les malades traités par un antigène spécifique, une réaction locale, une réaction générale et une réaction thermique. L'intensité de ces réactions, et particulièrement celle des deux dernières, est en rapport étroit avec la nature de l'antigène utilisé.

Les tout récents travaux de Lange et Roger (1) ont confirmé nos travaux antérieurs sur les phénomènes qui apparaissent au cours de la peste porcine, après inoculation d'antigène spécifique incorporé à de l'huile de ricin.

En tenant compte de ces travaux, nous pouvons préciser le cycle complet des phénomènes observés par nous au cours de recherches sur le diagnostic de la peste porcine et de la fièvre aphteuse (2).

---

(1) *Recueil de Médecine Vétérinaire*, **111**, 1935, p. 21.

(2) W. Sarnowiec, *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 6, 1933, p. 120; 7, 1934, p. 147, 201; *Comptes rendus de la Société de Biologie*, **115**, 1934, p. 934.

Ces phénomènes se traduisent par les réactions décrites ci-dessous :

1. *Réaction locale.* — Elle se manifeste entre la 6e et la 12e heure par un œdème rouge, chaud, douloureux, avec, chez les bovins, un suintement de sérosité. Le volume de l'œdème varie depuis celui d'un pois à celui d'une noisette chez les cobayes; d'une noix au volume du poing chez les porcs; d'une noisette au volume d'un œuf de pigeon chez les bovins. Chez les porcs, on observe une tuméfaction chaude et douloureuse des ganglions inguinaux correspondant au côté de l'injection.

2. *Réaction thermique.* — Elle se manifeste par une hyperthermie de 0°,6 à 1°, 5 entre la 4e et la 10e heure chez les cobayes et entre la 12e et la 48e heure chez les bovins. Chez les porcs, la réaction se traduit, entre la 10e et la 12e heure par une hyperthermie de 1°,2 à 2°, qui persiste lorsqu'on utilise le virus vivant.

3. *Réaction générale.* — Cette réaction apparaît en même temps que la précédente; elle est exprimée par de l'apathie, de la dyspnée, de l'inappétence et des frissons. Chez les cobayes, on constate un hérissement des poils; chez les porcs, des spasmes et une mort rapide, particulièrement lorsqu'on fait l'injection intra-veineuse.

L'intensité de ces trois réactions est concordante; elles sont plus marquées au début de l'évolution.

Expériences de contrôle. — Les animaux témoins ne présentent aucune manifestation réactionnelle caractéristique. D'autre part, les porcs infectés ne réagissent pas à l'injection d'huile de ricin seule.

L'antigène de la fièvre aphteuse, inoculé à des animaux atteints de tuberculose ou de brucellose, ne provoque pas non plus de phénomènes réactionnels.

Modes de préparation et d'emploi de l'antigène. — Pour la fièvre aphteuse, les aphtes primaires (âgés de 24-30 heures) sont lavés et finement broyés, puis émulsionnés dans l'eau physiologique (2^g d'aphtes dans 50$^{cm^3}$ d'eau physiologique). A l'émulsion décantée, on ajoute du formol (1 pour 1000) et on laisse l'émulsion ainsi préparée à l'étuve à + 20° pendant 48 heures. L'antigène est injecté dans le derme à la dose de 0$^{cm^3}$, 1 à 0$^{cm^3}$, 2.

Pour la peste porcine, on se sert d'un antigène *a*, constitué par un mélange à volume égal de sang virulent et d'huile de ricin; d'un antigène *b*, constitué par un mélange à volume égal de sang rendu avirulent par le formol (2 pour 1000) et d'huile de ricin; enfin d'un antigène *c* de sang formolé (2 pour 1000). Les antigènes *a* et *b* ont été utilisés pour les injections intradermiques à la dose de 0$^{cm^3}$,25 à 0$^{cm^3}$,5; l'antigène *c*, pour les injections intraveineuses à la dose de 0$^{cm^3}$,5 à 1$^{cm^3}$.

Remarque. — L'antigène *a*, non modifié, a été utilisé chez les animaux atteints de la maladie expérimentale, tandis que les autres antigènes ont été injectés à des animaux atteints de la maladie naturelle et dans les conditions de la pratique.

Conclusion. — Les faits rapportés montrent : *a*, que l'on peut provoquer, dans les maladies aiguës, des réactions locale, thermique et générale ; *b*, que ces réactions, par les caractères de leur évolution, présentent beaucoup d'analogies avec celles que l'on observe au cours de maladies chroniques.

La séance est levée à 15h35m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 FÉVRIER 1935.

PRÉSIDENCE DE M. P.-A. DANGEARD.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

OPTIQUE. — *Écrans colorés pour projections stéréoscopiques.* Note de M. **Louis Lumière.**

Sans parler des tentatives faites par un certain nombre d'auteurs pour donner à la projection d'une image unique un aspect de pseudo-relief en effectuant cette projection sur des écrans gaufrés ou courbés, plus ou moins combinés avec l'emploi de miroirs, les solutions réelles du problème de la projection stéréoscopique qui ont été proposées jusqu'ici sont nombreuses. Les bases en ont été exposées dans un travail fort complet de M. L. P. Clerc en 1924 (1). Je n'y reviendrai pas et me contenterai de signaler que les seules applications pratiques ayant subsisté résultent de la méthode proposée en 1858 par d'Alméïda (2) et qui consiste à projeter l'une sur l'autre, sur un écran, les deux images d'un couple stéréoscopique, en interposant sur le trajet des rayons lumineux des verres colorés complémentaires respectivement rouge et vert, les yeux du spectateur étant munis de lunettes ou de binocles portant des verres des mêmes couleurs respectives.

Si le choix de telles radiations conduit bien à la perception exclusive, par chaque œil, de l'image qui le concerne, on constate que la différence dans la vitesse de fatigue de l'œil, pour ces deux groupes de radiations, devient très vite intolérable et provoque, en outre, une instabilité constante dans la recomposition du blanc sur l'écran.

---

(1) *Bulletin de la Société française de Photographie*, 11, VI, 1924, p. 135.
(2) *Comptes rendus*, 47, 1858, p. 337.

Cette différence dans les sensations a été mise en évidence par Helmholtz (¹) et j'ai cru devoir signaler moi-même une expérience qui confirme le fait (²). Elle se traduit en général par une inégalité dans la durée de la persistance des impressions rétiniennes.

Pour éviter cette fatigue bien vite inacceptable, il m'a semblé qu'il convenait de permettre à chacun des yeux de recevoir à la fois des radiations rouges et des radiations vertes, mais qui, pour assurer la perception exclusive par chaque œil de l'image qui lui est propre, devaient être de longueurs d'onde différentes. Il importait, en outre, de réaliser un couple chromatique correspondant à une égalité aussi approchée que possible de la quantité d'énergie lumineuse reçue par chacun des yeux.

Pour réaliser en même temps ces deux conditions, j'ai déterminé, à

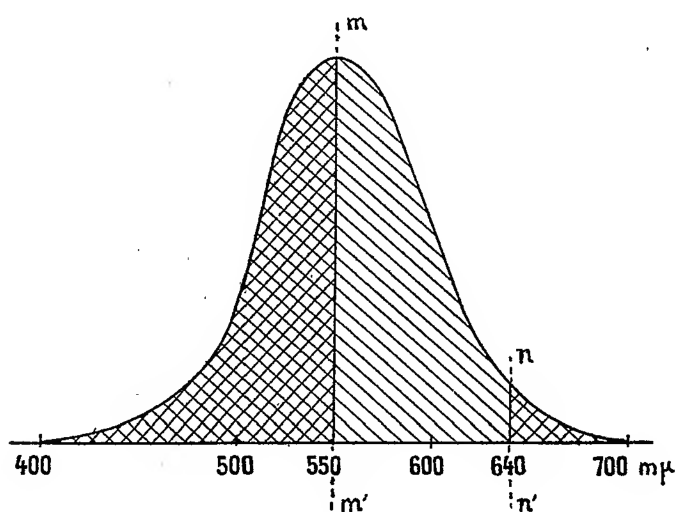


Fig. 1.

l'aide d'un planimètre, sur la courbe des sensations de Gibson et Tyndall, quelles devaient être les limites de transparence des deux régions à utiliser et suis arrivé à cette conclusion que l'un des écrans devait laisser passer les radiations comprises entre 550 et 640$^{m\mu}$ et l'autre tout le reste du spectre visible c'est-à-dire de 400 à 550$^{m\mu}$ d'une part et de 640 à 700$^{m\mu}$ d'autre part. L'égalité dans l'action physiologique des deux régions correspondant à une telle division résulte de ce fait que la surface *mm'nn'* est égale à la moitié

(¹) *Optique physiologique*, p. 504.
(²) *Comptes rendus*, **166**, 1918, p. 654

de la surface totale comprise entre la courbe entière et l'axe des abscisses de cette courbe (*fig.* 1).

La réalisation de telles régions de transparence présentant des limites aussi nettes que possible avec le moins possible d'absorption non sélective ne laisse pas de présenter une assez grande difficulté, mais on peut arriver à des résultats suffisamment approchés par teinture de la couche de verres gélatinés, en employant pour l'un des écrans un mélange de vert naphtol, de tartrazine et d'éosine, l'autre étant obtenu en superposant à un écran coloré à l'aide de bleu cyanol un deuxième verre teinté au moyen d'une solution faible de sacchareïne du diéthylmétaminophénol, les solutions de ces derniers colorants ne pouvant être mélangées, par suite de leurs réactions respectivement acide et basique.

L'un des écrans ainsi obtenus présente un aspect jaune légèrement verdâtre, l'autre étant bleu. Ils sont pratiquement complémentaires et permettent de recomposer du blanc par superposition sur l'écran de projection des deux faisceaux ainsi colorés.

Après avoir ainsi obtenu les écrans colorés nécessaires, en expérimentant sur des couples d'images stéréoscopiques fixes, j'ai tenté leur applica-

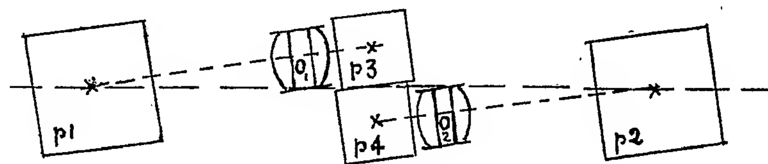


Fig. 2.

tion au cinématographe, tout d'abord en conjuguant deux appareils de prise de vues dont les axes des objectifs étaient écartés de 70^mm, afin d'obtenir la parallaxe nécessaire, mais j'ai bientôt constaté, en opérant de même pour la projection, qu'il était à peu près impossible de réunir à la fois les conditions requises d'égalité de densité des images et celles des éclairements par deux sources différentes. J'ai alors construit un appareil de prise de vues, dans lequel les deux images du couple sont obtenues à l'aide d'objectifs placés transversalement, leurs axes étant parallèles, mais non en coïncidence (*fig.* 2), de façon à permettre à deux groupes de prismes, P_1, P_2, P_3, P_4, de ramener sur la surface habituellement occupée par une image élémentaire ordinaire les deux images stéréoscopiques, celles-ci étant placées l'une au-dessus de l'autre. Le film chemine horizontalement et la parallaxe

verticale que les yeux ne corrigeraient que très difficilement est supprimée par ce dispositif. La figure 3 montre la disposition des images sur la pellicule.

Les projections qui accompagnent cette Note sont effectuées à l'aide d'une seule source lumineuse, les deux images réunies et situées l'une

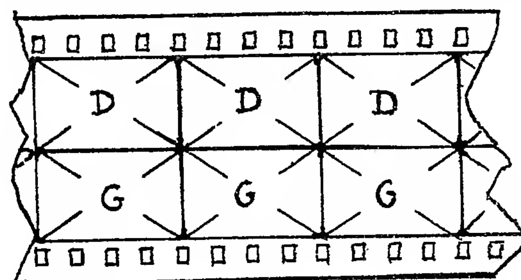


Fig. 3.

au-dessus de l'autre, ainsi qu'il est dit plus haut, progressant horizontalement. Comme pour la prise de vues, le cinématographe de projection est horizontal.

Une paire d'objectifs, sectionnés suivant une corde, permet, par un réglage facile, le rapprochement des axes principaux : on peut ainsi amener la coïncidence des centres homologues des deux images sur l'écran.

Il est évidemment possible de rétablir la position verticale habituelle de l'appareil en munissant le double objectif précité d'un dispositif inverseur analogue à celui que j'ai décrit récemment [1] et dont la surface réfléchissante, parallèle à la direction de la projection, est inclinée à 45° sur l'horizontale.

HYDRODYNAMIQUE. — *Influence d'une perturbation sur le sillage en régime de Poiseuille d'un corps immergé.* Note [2] de MM. **Charles Camichel** et **Max Teissié-Solier.**

Dans notre étude des tourbillons alternés de Bénard-Karman [3], nous avons utilisé pour la représentation des phénomènes le nombre de Reynolds $\mathcal{R}$ et le paramètre sans dimensions $S = D/VT$ dénommé para-

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 281.
(2) Séance du 28 janvier 1935.
(3) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1556.

mètre de Strouhal. Nous avons montré que la loi de similitude de Reynolds s'appliquait et qu'il existait un critérium $\mathcal{R}_0$ égal à 47 pour des cylindres droits à base circulaire, critérium au-dessous duquel les tourbillons alternés ne se produisent pas. Au moyen de tiges vibrantes [1], nous avons mis en évidence avec M. Dupin, au-dessous du critérium, un phénomène périodique dont nous avons pu déceler l'existence jusqu'à un nombre de Reynolds égal à 21. Les points correspondants se placent sur la courbe de Strouhal $S = f(\mathcal{R})$, prolongée en deçà du critérium.

L'objet de la présente Note est d'indiquer un fait qui, à notre connaissance, est nouveau, l'influence d'une perturbation sur le sillage en régime de Poiseuille d'un corps immergé et la démonstration de l'existence d'un phénomène périodique qui est la continuation en deçà du critérium du phénomène des tourbillons alternés, résultat qui confirme et étend ceux que nous venons de rappeler.

Considérons un obstacle présentant un plan de symétrie parallèle à la direction de l'écoulement [2] par exemple un cylindre droit à base circulaire, immergé dans un champ uniforme de vecteurs vitesses, réalisé dans une tubulure de 30^{cm} de diamètre constituant un milieu pratiquement infini pour cet obstacle. Réglons la vitesse d'écoulement de telle sorte que le nombre de Reynolds, calculé à partir du diamètre de ce cylindre, soit inférieur à 47. L'aspect présenté par le sillage est alors celui correspondant à la section par un plan médian normal à l'obstacle des tourbillons fixes existant à l'aval de ce dernier et donnant les courbes à points singuliers $\alpha\beta$. Cet aspect du sillage sans encoches ni oscillations de la queue montre bien que nous sommes dans des conditions réalisant un nombre de Reynolds inférieur au critérium.

L'écoulement s'effectuant en régime permanent provoquons une perturbation susceptible de donner un choc au sillage, par exemple en déplaçant un piston de 10^{mm} dans un cylindre fixé à la paroi de la tubulure, ou bien en donnant un choc à l'obstacle. La perturbation ainsi créée ayant disparu, on peut alors constater l'apparition sur le contour externe des courbes $\alpha\beta$

---

(1) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 203.

(2) Nous laissons de côté une classe importante de corps immergés, ceux qui sont de révolution autour d'un axe parallèle à la direction de l'écoulement. L'étude comparée des sillages d'une sphère et d'un cylindre permet de se rendre compte de la simplification qu'entraîne, en hydraulique, l'introduction d'un plan de symétrie (*Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1226).

d'encoches alternées marquant la naissance dans le sillage d'un phénomène périodique (*fig.* 1). Puis progressivement, la queue visible à l'aval des courbes $\alpha\beta$ se met à osciller, des encoches se détachent périodiquement de part et d'autre de l'obstacle. Le sillage présente alors durant quelques secondes l'aspect caractéristique que lui donne normalement la présence de

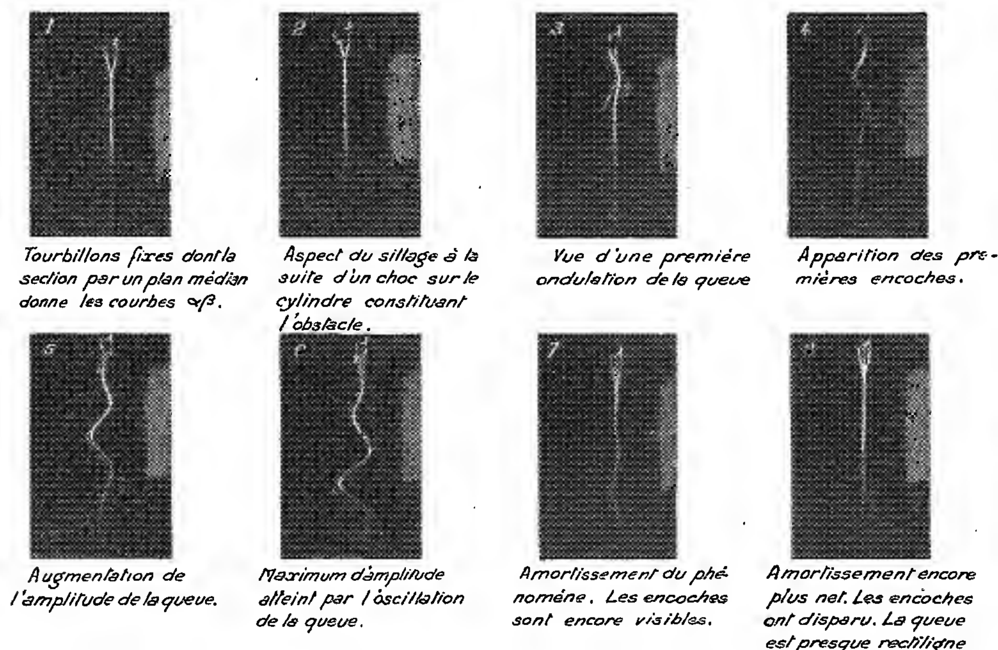


Fig 1.— Aspects du sillage à la suite d'un choc sur l'obstacle.

tourbillons alternés à l'aval de l'obstacle. Puis peu à peu l'oscillation constatée s'amortit, la queue devient à nouveau rectiligne, les encoches cessent d'exister le long des courbes $\alpha\beta$ et le sillage reprend l'aspect qu'il avait avant le passage de la perturbation.

Nous avons obtenu le même phénomène en réglant la vitesse du liquide à une valeur correspondant à un nombre de Reynolds supérieur au critérium et en effectuant une fermeture partielle de très courte durée aboutissant à un nombre de Reynolds inférieur au critérium.

Ajoutons d'ailleurs que l'emploi de la méthode chronophotographique nous a permis de constater que les perturbations ainsi provoquées n'entraînaient pas d'altération de la valeur de la vitesse en amont de l'obstacle.

Signalons également que les périodes moyennes correspondant à la formation des encoches donnent des points situés sur la courbe de Strouhal

prolongée au-dessous du critérium; nous avons pu atteindre ainsi un nombre de Reynolds égal à 15 (*fig.* 2).

Ce dernier résultat confirme donc que le phénomène périodique que

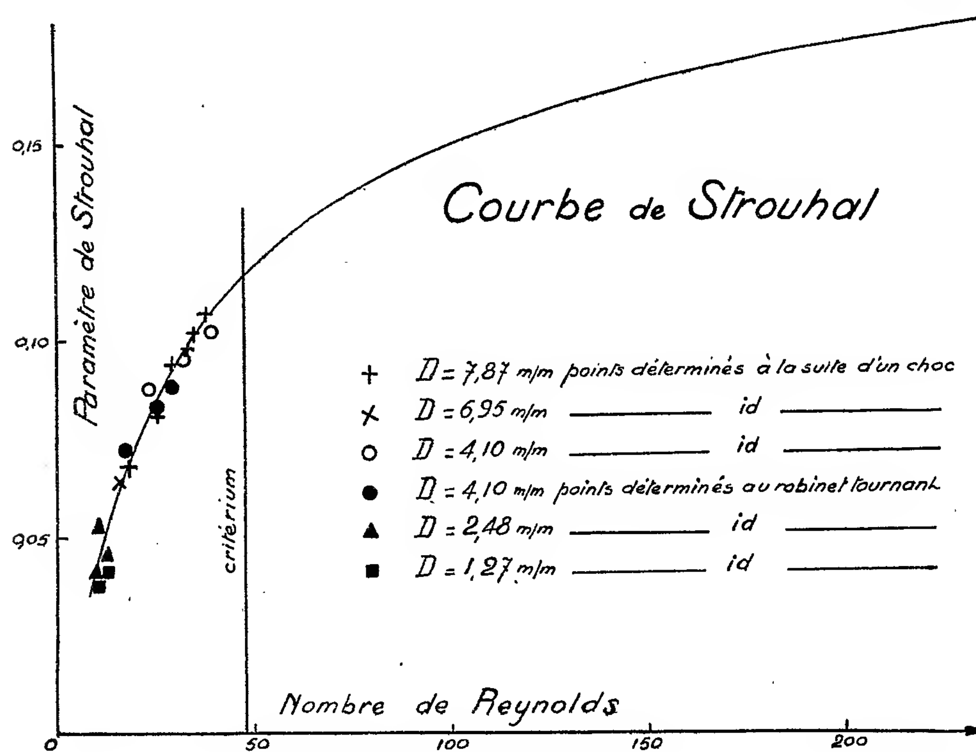


Fig 2. — *Courbe de Strouhal prolongée au dessous du critérium.*

nous avons mis en évidence paraît exister dès l'origine de l'écoulement et ne se manifeste de façon nette sous forme de tourbillons alternés que pour un nombre de Reynolds supérieur au critérium. L'amortissement est d'autant plus important que l'on s'éloigne davantage du critérium.

Pour rendre le phénomène permanent il suffit de disposer sur la paroi de la conduite, à hauteur de l'obstacle, un robinet tournant analogue à celui utilisé par l'un de nous avec MM. Eydoux et Gariel dans des recherches sur les coups de bélier. Lorsque la vitesse de rotation de ce robinet est telle que la fréquence de ses ouvertures correspond à celle du phénomène périodique, ce dernier se maintient en permanence; nous avons pu atteindre ainsi un nombre de Reynolds égal à 10.

CHIMIE MINÉRALE. — *Introduction à l'étude des acides telluriques.* Note de MM. **Paul Pascal** et **Marcel Patry**.

La déshydratation de l'acide orthotellurique, généralement noté $Te(OH)^6$, conduit à l'acide métatellurique pour lequel on a adopté la formule TeO^4H^2.

Mylius [1], qui notait l'acide orthotellurique $TeO^4H^2, 2H^2O$, a montré en outre que sa fusion en tube scellé, vers 130°, fournit un liquide visqueux soluble, très différent du produit initial. La conductibilité initiale des solutions est en effet 50 fois plus considérable, la cryoscopie y révèle la présence d'un acide condensé, capable de coaguler l'albumine, et qui précipiterait par des alcalis. Il admet la formation d'un acide *allotellurique* $(TeO^4H^2)^n$.

Rosenheim et Jander [2] ont repris ces expériences; leur acide, préparé par une chauffe prolongée (24 heures à 140°) ne donnait plus de solutions limpides et paraissait ainsi se comporter comme un mélange.

Ces singularités nous ont paru mériter un examen approfondi et nous l'avons entrepris avec l'espoir de retrouver un peu des particularités qui accompagnent l'évolution thermique des acides métaphosphoriques. Faisant alors varier la température et la durée de chauffe, en tube scellé, nous avons noté les changements d'aspect suivants :

Températures.	Durée de chauffe.	Aspect.
125°	600 min.	Solide en apparence inchangé.
150	12	Liquide visqueux incolore, rapidement soluble en un liquide limpide.
240	12	Liquide incolore plus visqueux, solution encore limpide.
240	105	Gomme verdâtre très visqueuse, difficile à dissoudre en un liquide opalescent.
305	8	Deux phases : liquide incolore surmontant une gomme très consistante, solution opalescente.
305	30	Deux phases : gomme verdâtre, mise péniblement en solution très opalescente.
305	840	Masse solide grise, insoluble; sublimé blanc sur les parois du tube.

Plusieurs transformations se chevauchent donc visiblement; mais les phases en apparence homogènes sont elles-mêmes des mélanges. Le solide

(1) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 34, 1901, p. 2208.
(2) *Kolloïd Zeitschrift*, 22, 1917, p. 23.

chauffé à 100° annonce déjà en solution les caractères de l'acide allotellurique de Mylius; et l'extraction nitrique des gommes ou des liquides visqueux laisse toujours un peu d'acide orthotellurique (10 pour 100 dans le produit obtenu en 12 minutes de chauffe à 150°). Certaines gommes paraissant limpides ont d'ailleurs présenté le spectre X de l'acide orthotellurique.

Les solutions de ces produits sont toujours le siège d'une évolution spontanée qui ramène peu à peu les corps dissous à l'état d'acide orthotellurique. La viscosité variable des gommes influe sur la vitesse de mise en solution et rend par conséquent difficile l'observation rigoureuse des propriétés ioniques originelles; mais il est remarquable que les caractéristiques de la solution du produit total de la transformation thermique varient fort peu avec son mode d'obtention.

Au mélange en quelque sorte défini ainsi obtenu, il reste donc légitime de conserver le nom d'acide allotellurique, au moins tant que n'apparaissent pas les formes colloïdales insolubles.

Étude des solutions. — Afin d'éviter la présence des ces formes condensées, nous avons d'abord opéré sur un acide allotellurique obtenu en 12 minutes seulement de chauffe à 150° (et qui contenait encore 10 pour 100 d'acide allotellurique non transformé).

En opérant aussi vite que possible, on a suivi l'évolution de sa solution dans l'eau pure.

Si la viscosité ne change pratiquement pas, on observe un relèvement du pH qui passe de 2,3 à 5,6 pour une solution contenant 0,1 Te au litre. La cryoscopie fournit au début un poids moléculaire apparent en Te^3, constant entre 0,2 Te et 0,05 Te au litre et qui atteint la limite correspondante à l'acide orthotellurique en 48 heures, à 18°. Les mesures de conductibilité (déjà faites par les auteurs précédents) montrent qu'il faut attendre 3 jours environ pour atteindre pratiquement l'équilibre.

Nous avons observé que l'accroissement du pH accélère beaucoup cette transformation; sa durée totale passe de quelques minutes dans la soude 0,1 N à une semaine dans l'acide sulfurique 0,1 N, pour une solution contenant 0,1 Te au litre.

Titrimétrie. — On a suivi, dès sa formation, la neutralisation par la soude d'une solution d'acide allotellurique. Par voie cryoscopique, conductimétrique et potentiométrique, on a constaté que les courbes de neutralisation rejoignent celles de l'acide orthotellurique au point singulier correspondant à Na : Te = 1, pour se confondre avec ces dernières de part

et d'autre du point Na:Te = 2. Les deux acides donnent donc finalement les deux mêmes sels TeO^4HNa et TeO^4Na^2, et l'on peut titrer le tellure sous ces deux états de la même façon, la phtaléine virant exactement au moment de la formation du premier sel, en présence de glycérine. Notons d'ailleurs que la distinction des deux formes, basée, suivant Mylius, sur la précipitation de l'acide *allo* par les alcalis et les carbonates alcalins, n'est pas fondée. Il y a toujours dépôt de tellurate dès que la solution est suffisamment concentrée (1).

Une autre particularité fort importante a été encore observée.

Les courbes de neutralisation présentent toujours un accident notable aux environs du point correspondant à Na:Te = 0,09 ou, en corrigeant de l'acide orthotellurique présent, à Na:Te = 0,1; il existe, en particulier, un minimum très net sur la courbe de conductibilité; la branche ascendante correspond à la neutralisatisn d'une acidité très forte et, le long de cette courbe, la cryoscopie n'indique aucun changement de condensation. On pourrait utiliser ce point au dosage de l'acide allotellurique dans un mélange.

Par suite de l'évolution des solutions, la cryoscopie fournit un poids moléculaire moyen apparent, connu par défaut, en $Te^{3,2}$, et la conductimétrie révèle une acidité forte, correspondant à une condensation, connue par excès, en Te^{10}, quand on fait abstraction de l'acide orthotellurique présent. L'écart entre ces deux nombres extrêmes paraît cependant encore trop grand pour qu'on puisse regarder l'acide allotellurique pur comme un composé unique. Il doit contenir un constituant acide fort qui serait l'homologue de SO^4H^2, à la condensation près, et la neutralisation ramène le tout à l'état de sel non condensé.

Déshydratation. — Contrairement à l'acide orthotellurique, l'acide *allo* perd facilement de l'eau dans le vide sec, ou dans l'étuve dès 80°; on atteint la formule TeO^4H^2 en quelques heures à 120°.

La substance, qui se pulvérise facilement, ne donne pas de diagramme aux rayons X; elle est légèrement hygroscopique, mais difficilement soluble dans l'eau où elle reproduit les caractéristiques déjà trouvées sur l'acide allotellurique. Mais elle est devenue insoluble dans l'acide azotique, qui

(1) Notons d'ailleurs que les gommes initiales, qu'on doit considérer comme des solutions très concentrées de l'acide, évoluent beaucoup plus lentement et donnent pendant plusieurs jours des solutions diluées pratiquement identiques.

permettait tout à l'heure d'extraire l'acide allotellurique brut d'un mélange d'acides *ortho* et *méta*.

On voit quelle complexité présentent déjà les dérivés acides telluriques les moins évolués et l'étendue du programme de recherches qu'exige leur étude complète. On reviendra ailleurs en détail sur ce chapitre nouveau de la chimie minérale.

NOMINATIONS.

M. **A. Guilliermond** est désigné par l'Académie pour occuper, dans le *Comité de patronage de l'Institut scientifique chérifien*, la place vacante par le décès de M. *H. Lecomte*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats pour chacune des deux places vacantes au *Bureau des Longitudes*, par le décès de M. *P. Painlevé* et de M. *B. Baillaud*.

(Renvoi à la division des Sciences mathématiques.)

L'**Université Harvard** prie l'Académie de vouloir bien se faire représenter à la célébration de son Tricentenaire au mois de septembre 1936.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les Mammifères de France*, par Robert Didier et Paul Rode. Préface de Bourdelle. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

2° Faune de France. 29. *Myriapodes diplopodes* (Chilognathes I), par H. W. Brolemann. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des transformations dans l'espace de deux variables complexes.* Note de M. **Alexandre Miniatoff**, présentée par M. J. Hadamard.

D'après un théorème de M. Julia, si $w = f(z)$ est une fonction holomorphe dans le cercle $|z| < 1$ le transformant en un domaine intérieur à

ce cercle et si $f(1)=1$ et $f'(1)=\gamma$ (1), on a l'inégalité

$$\frac{|w-1|^2}{1-|w|^2} \leq \gamma \frac{|z-1|^2}{1-|z|^2}.$$

En utilisant les recherches récentes de M. Bergmann (2), on peut généraliser ce théorème au cas des transformations dans l'espace de deux variables complexes. Tout d'abord, on trouve facilement une généralisation du théorème en question dans le cas : 1° d'une hypersphère $\mathcal{H}[|z_1|^2+|z_2|^2<1]$, où le point $Q(1, 0)$ joue le rôle du point $z=1$ du plan, et 2° d'un bicylindre $\mathcal{E}[|z_1|<1, |z_2|<1]$ le point $Q(1, 0)$ ou bien le point $Q'(1, 1)$ correspondant au point $z=1$. A cet effet, on considérera une transformation

$$(1) \qquad w_k=f_k(z_1, z_2), \qquad k=1, 2,$$

[les f_k holomorphes dans $\mathcal{H}$ (ou $\mathcal{E}$)] transformant $\mathcal{H}$ (ou $\mathcal{E}$) en un domaine $\mathcal{G}\subset\mathcal{H}$ (ou $\subset\mathcal{E}$); cette transformation étant dérivable au point Q (ou Q') de la frontière et transformant le point Q (ou Q') en lui-même. On obtient alors : 1° pour $\mathcal{H}$,

$$\frac{|1-w_1|^2}{1-|w_1|^2-|w_2|^2} \leq \gamma_1 \frac{|1-z_1|^2}{1-|z_1|^2-|z_2|^2}, \qquad \gamma_1=\left(\frac{\partial w_1}{\partial z_1}\right),$$

où la dérivée est prise au point Q; 2° pour $\mathcal{E}$ et pour le point Q,

$$\frac{|1-w_1|^2}{1-|w_1|^2} \leq \gamma_1 \frac{|1-z_1|^2}{1-|z_1|^2},$$

γ_1 ayant la même signification qu'avant, tandis que pour le point frontière Q on obtient, en plus, une inégalité analogue en remplaçant l'indice 1 par 2.

Les inégalités précédentes peuvent être généralisées au cas d'un domaine $\mathcal{B}$ quelconque, pourvu que la frontière de $\mathcal{B}$ satisfasse, au voisinage de Q, à certaines conditions, étudiées par M. Bergmann (*loc. cit.*, p. 18 et 97).

Ces conditions assurent l'existence des domaines $\mathcal{J}$ et $\mathcal{A}$ (*Vergleichskörper*), $\mathcal{J}\subset\mathcal{B}\subset\mathcal{A}$, ayant le point Q sur leur frontière et qui sont obtenus par des transformations pseudoconformes d'une hypersphère $\mathcal{H}$. En plus

---

(1) $f(1)$ et $f'(1)$ désignent les limites (dont l'existence est supposée) de $f(z)$ et $f'(z)$ quand z tend vers 1 en venant de l'intérieur du cercle.

(2) Voir Bergmann, *Journal für d. reine u. ang. Mathematik*, **169**, 1932, p. 1-40 et **172**, 1934, p. 89-128.

les frontières de $\mathcal{J}$, $\mathcal{B}$ et $\mathcal{A}$ possèdent, en Q, une normale commune. En prenant Q comme origine, la normale comme axe de x_1 ($z_1 = x_1 + iy_1$) et les autres axes d'une manière convenable, on obtient l'inégalité

$$(2) \qquad \frac{\sigma_2 |w_1|^2}{w_1 + \overline{w}_1 + (2\alpha_2 - \sigma_2)|w_1|^2 - \sigma_2 \left| w_2 \dfrac{1+\alpha_2 w_1}{1+\beta_2 w_1} \right|^2} \leqq \Gamma \frac{\sigma_1 |z_1|^2}{z_1 + \overline{z}_1 - (2\alpha_1 + \sigma_1)|z_1|^2 - \sigma_1 | z_2 (1+\beta_1 z_1)(1-\alpha_2 z_2)|^2},$$

où les quantités σ_k, α_k, β_k ($k = 1, 2$) dépendent de la forme de $\mathcal{B}$ au voisinage du point Q et où $\Gamma = (\partial w_1 / \partial z_1)$ désigne la dérivée prise au point Q.

L'inégalité (2) se démontre en considérant la transformation T donnée par (1) et les transformations T_1 et T_2 qui représentent $\mathcal{J}$ et $\mathcal{A}$ sur une hypersphère $\mathcal{H}$. En effet, $T_2 T T_1^{-1}$ transforme $\mathcal{H}$ en un domaine $\mathcal{F} \subset \mathcal{H}$ et, en appliquant les résultats précédents, on obtient (2).

Des inégalités analogues peuvent être obtenues encore dans d'autres cas, par exemple pour les points Q_2 (voir Bergmann, *loc. cit.*, p. 101) pour lesquels les domaines $\mathcal{J}$ et $\mathcal{A}$ proviennent d'un bicylindre.

La méthode exposée ici permet de généraliser la plupart des théorèmes liés au théorème de M. Julia.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le nombre des singularités transcendantes des fonctions inverses d'une classe d'algébroïdes.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

Si $u(z)$ est une algébroïde méromorphe à ν branches définie par

$$(1) \qquad A_\nu(z) u^\nu + \ldots + A_0(z) = 0,$$

où les $A_j(z)$ sont des fonctions entières et si sa fonction caractéristique $T(r, u)$ *vérifie la condition*

$$(2) \qquad \lim_{r=\infty} \frac{T(r, u)}{(\log r)^2} < \infty,$$

$u(z)$ possède au plus ν valeurs asymptotiques distinctes; sa fonction inverse possède au plus ν singularités transcendantes (distinctes sur la surface de Riemann correspondante).

On établit d'abord aisément que les fonctions caractéristiques $T(r, A_j/A_\nu)$ vérifient aussi la condition (2); il s'ensuit que les $A_j(z)$ sont des fonctions entières d'ordre nul (sans zéros communs) dont l'une au moins est égale à 1

pour $z=0$; leurs fonctions caractéristiques $T(r, A_j)(j=0, 1, \ldots, \nu)$, vérifient aussi la condition (2). Si l'on pose

$$A_j(z)=\sum_0^\infty c_m^j z^m \qquad (j=0, 1, \ldots, \nu)$$

et si l'on désigne, pour chaque m, par c_m le plus grand des $\nu+1$ nombres $|c_m^j|$, la fonction

$$M(r)=\sum_0^\infty c_m r^m$$

est telle que

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log M(r)}{(\log r)^2}<\infty,$$

et l'on a par suite

$$\text{(3)} \qquad \underline{\lim_{m=\infty}} \frac{-\log c_m}{m^2}>0.$$

Si l'on construit, à partir des points de coordonnées $(m, -\log c_m)$, le polygone de Newton introduit par M. Hadamard, on définit une suite de nombres non décroissants et non bornés R_m, tels que $c_m R_1 R_2 \ldots R_m \leqq c_0$, l'égalité ayant lieu notamment lorsque $R_m<R_{m+1}$. D'après (3), on a

$$\overline{\lim_{m=\infty}} \frac{\log R_m}{m}>0;$$

donc

$$\text{(4)} \qquad \overline{\lim_{m=\infty}} \frac{R_{m+1}}{R_m}>1.$$

Prenons m tel que $R_{m+1}>R_m k^3$ $(k>1)$. Pour $kR_m<r<k^2R_m$, on aura

$$M(r)<c_m r^m\left[1+\sum_{q=1}^\infty\left(\frac{r}{R_{m+1}}\right)^q+\sum_{q=1}^m\left(\frac{R_m}{r}\right)^q\right]<c_m r^m\left(1+\frac{2}{k-1}\right).$$

Pour étudier $u(z)$ dans les couronnes Γ_m définies par $kR_m<|z|<k^2R_m$, on peut, avec M. Montel, considérer les fonctions $u(R_m z)$ dans la couronne Γ : $k<|z|<k^2$. Pour chaque m de la suite considérée, l'un des j au moins est tel que $|c_m^j|=c_m$, on peut extraire une autre suite pour laquelle cette égalité a lieu pour le même j. Posons

$$A_p(zR_m)=c_m z^m R_m^m h(z, p, m) \qquad (p=0, 1, 2, \ldots, \nu).$$

Les fonctions $h(z, p, m)$ sont bornées dans leur ensemble dans Γ; on peut extraire de la suite des m une autre suite pour laquelle chaque suite

$h(z, p, m)$ ($p = 0, 1, \ldots, \nu$ et m variable) convergera uniformément dans Γ vers une fonction limite $h(z, p)$ qui est holomorphe ou constante finie. En outre, $h(z, j)$ n'est pas la constante o; car, pour chaque $|z| = r$, le maximum de $|A_j(z)|$ est supérieur à $c_m r^m$, donc le maximum de $|h(z, j, m)|$ sur un cercle de Γ est au moins 1. Il s'ensuit que, dans Γ, les $u(R_m z)$ correspondant à la suite extraite considérée convergent uniformément vers les solutions de

$$(5) \qquad h(z, \nu)y^\nu + h(z, \nu-1)y^{\nu-1} + \ldots + h(z, 0) = 0.$$

Si, sur un chemin allant à l'infini, une branche $u(z)$ tend vers a, fini ou infini, l'équation (5) admet la constante a pour solution, elle se décompose; Γ_m est la projection d'un anneau fermé à un ou plusieurs feuillets de la surface de Riemann à ν feuillets correspondant à $u(z)$ tel que dans la suite de ces anneaux $u(z)$ converge uniformément vers a. Ceci rend manifeste les conclusions de l'énoncé.

Si $g(z)$ est une fonction entière satisfaisant à (2), a_n son $n^{\text{ième}}$ zéro et

$$\frac{f(z)}{g(z)} = \sum \frac{B_n}{z - a_n}, \qquad |B_n| < K \text{ fini},$$

f/g tend vers o lorsque z s'éloigne indéfiniment à l'extérieur de régions entourant les zéros de g; f vérifie aussi (2). Alors, si $E(v)$ est le premier membre d'une équation algébrique de degré ν ayant toutes ses racines distinctes, $g^\nu E(u - f/g) + 1 = 0$ définit une algébroïde à ν branches vérifiant (2) et admettant effectivement ν valeurs asymptotiques.

Remarquons que, *sans faire d'hypothèses sur* $T(r, u)$, on peut construire la suite R_m : *le théorème reste vrai si les* R_m *satisfont à* (4). On peut, dans cet ordre d'idées, compléter un théorème de M. Hadamard [1]. Si la suite des R_m relatifs à une fonction entière $A(z)$ satisfait à (4), la suite $h(z, m)$ analogue à $h(z, p, m)$ a une fonction limite non nulle, il existe une suite de cercles sur lesquels $|A(z)| > c_m r^m \alpha$, $\alpha > 0$ fixe, $A(z)$ prend une infinité de fois toute valeur finie.

---

[1] *Comptes rendus*, 135, 1902, p. 1309.

THÉORIE DU POTENTIEL. — *Couronnes à potentiel logarithmique constant et relations intégrales caractéristiques de l'ellipse.* Note [1] de M. **Pierre Dive**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous appellerons *couronne* toute couche comprise entre deux courbes fermées sans point double, dont l'une est intérieure à l'autre.

Soient C_1 la courbe intérieure, C_2 la courbe extérieure limitant le le domaine S d'une couronne dont la densité est égale à l'unité. Désignons par $P(x, y)$ un point du domaine ouvert $\mathcal{D}$ intérieur à C_1 (cavité), par $M(x', y')$ un point variable de S, et par s la distance PM. Le potentiel logarithmique ψ de la couronne est défini, dans $\mathcal{D}$, par la formule

$$\psi \equiv \iint_S \operatorname{Log}\frac{1}{s}\,dS.$$

Prenons un point O de $\mathcal{D}$ comme origine des axes Ox et Oy, et décrivons autour de ce point un cercle Γ, de rayon a, tout entier intérieur à C_1. Choisissons P dans Γ et posons $OP = r$, $(Ox, OP) = \varphi$, $OM = \rho$, $(Ox, OM) = \theta$.

Comme $r < \rho$, on peut développer ψ en série absolument et uniformément convergente suivant les puissances entières de r

$$(1)\quad \psi \equiv \frac{1}{2}\left[\int_0^{2\pi} \rho_2^2 \operatorname{Log}\frac{\sqrt{e}}{\rho_2}\,d\theta - \int_0^{2\pi} \rho_1^2 \operatorname{Log}\frac{\sqrt{e}}{\rho_1}\,d\theta\right] + r\int_0^{2\pi} (\rho_2 - \rho_1)\cos(\theta - \varphi)\,d\theta$$
$$+ \frac{r^2}{2}\int_0^{2\pi} \operatorname{Log}\frac{\rho_2}{\rho_1}\cos 2(\theta - \varphi)\,d\theta$$
$$+ \sum_{n=3}^{\infty} \frac{r^n}{n}\,\frac{1}{n-2}\int_0^{2\pi}\left(\frac{1}{\rho_1^{n-2}} - \frac{1}{\rho_2^{n-2}}\right)\cos n(\theta - \varphi)\,d\theta,$$

où ρ_1 et ρ_2 sont les rayons vecteurs de C_1 et C_2.

Le potentiel logarithmique ψ est une fonction analytique de x et y dans D. Pour que cette fonction se réduise à une constante dans ce domaine, il suffit qu'elle soit constante dans Γ, ce qui exige que tous les termes de la série précédente soient nuls, sauf le premier, quels que soient $r (< a)$ et φ. Et pour cela, il est nécessaire et suffisant qu'on ait

$$(2)\qquad \int_0^{2\pi} e^{-2i\theta} \operatorname{Log}\frac{\rho_2}{\rho_1}\,d\theta = 0 \qquad \text{et} \qquad \int_0^{2\pi} e^{-in\theta}\left(\frac{1}{\rho_1^{n-2}} - \frac{1}{\rho_2^{n-2}}\right)d\theta = 0$$

pour toute valeur positive entière de n.

---

[1] Séance du 18 février 1935.

Si l'on désigne par x_0, y_0 les coordonnées du pôle O, par rapport à un système d'axes indéterminé, et si l'on pose

$$z' = x' + iy', \qquad \zeta = (x' - x_0) + i(y' - y_0),$$

on trouve que les deux équations (2) équivalent la condition nécessaire et suffisante

$$\iint \frac{dS}{\zeta^n} = 0, \tag{3}$$

qui doit être satisfaite pour toute valeur positive entière de n.

On sait que les couronnes limitées par des ellipses homothétiques, par rapport à leur centre, ont un potentiel logarithmique constant. Elles satisfont donc *nécessairement* les conditions (2), (3).

Pour former le potentiel logarithmique ψ_1 d'une couche plane S_1 *simplement connexe*, limitée par une courbe fermée C_1 sans point double, on peut employer un procédé analogue au précédent. En un point $P(x, y)$ d'un cercle Γ de centre O, complètement intérieur à S_1, ψ_1 sera la somme du potentiel ψ_Γ de la couche couvrant Γ et du potentiel ψ_{σ_1} de la couronne σ_1 limité par C_1 et Γ $\psi_1 = \psi_\Gamma + \psi_{\sigma_1}$. On a $\psi_\Gamma = -\alpha r^2 + \gamma$, α et γ étant des constantes positives, et $\gamma \leqq \alpha = \pi/2$. Il vient ainsi

$$\begin{aligned} \psi_1 \equiv {} & \frac{1}{2}\int_0^{2\pi} \rho_1^2 \operatorname{Log}\frac{\sqrt{e}}{\rho_1}\, d\theta + x\int_0^{2\pi} \rho_1 \cos\theta\, d\theta + y\int_0^{2\pi} \rho_1 \sin\theta \\ & - \frac{x^2}{2}\left(\pi - \int_0^{2\pi} \operatorname{Log}\rho_1 \cos 2\theta\, d\theta\right) + xy\int_0^{2\pi} \operatorname{Log}\rho_1 \sin 2\theta\, d\theta \\ & - \frac{y^2}{2}\left(\pi + \int_0^{2\pi} \operatorname{Log}\rho_1 \cos 2\theta\, d\theta\right) + \sum_{n=3}^{\infty} \mathcal{R}\frac{z^n}{n}\iint_{\sigma_1} \frac{dS}{\zeta^n} \quad (^1). \end{aligned} \tag{4}$$

Je dis que si l'on a

$$\iint_{\sigma_1} \frac{dS}{\zeta^n} = 0 \tag{5}$$

pour toute valeur entière de $n \geqq 3$, *la courbe* C_1 *est une ellipse*. En effet, ψ_1 se réduit alors à un polynome du second degré, et l'on sait que, par un choix convenable des axes de coordonnées, on peut lui donner la forme

$$-Ax^2 - By^2 + C.$$

---

(1) Le symbole $\mathcal{R}$ signifiant *partie réelle de*.

Or, nous avons établi qu'une telle expression représente toujours le potentiel logarithmique d'une ou deux ellipses pourvu qu'on ait

$$A > 0, \qquad B > 0, \qquad C \leqq 2\frac{AB}{A+B}. \tag{6}$$

Il est visible, sur la formule (5), que $A + B = \pi$. D'autre part, AB est positif, sans quoi les surfaces équipotentielles de l'attraction newtonienne du cylindre homogène indéfini, de section droite S_1, seraient des cylindres hyperboliques, ce qui est impossible. A et B sont donc positifs. Pour montrer que la dernière condition est satisfaite nécessairement, nous considérons une couche S_λ, homothétique de S_1, dans le rapport $\lambda < 1$, dont le potentiel satisfait à cette condition. S_λ étant une ellipse, S_1 en est une aussi.

Réciproquement, *si* C_1 *est une ellipse, la condition* (5) *est vérifiée*, quel que soit le cercle Γ intérieur à C_1. Cela résulte de ce que le développement de ψ_1 en série entière est unique. La relation intégrale (5) s'écrit d'ailleurs

$$\int_0^{2\pi} e^{-in\theta}\frac{d\theta}{\rho_1^{n-2}} = 0 \qquad (n = 3, 4, \ldots).$$

Elle peut affecter des formes diverses intéressantes auxquelles on eût été difficilement conduit par une voie purement géométrique.

La comparaison des inégalités (6) et de la formule (4) fournit encore de curieuses propriétés de l'ellipse.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Limitation pour la variation d'un angle dans le cas d'une transformation pseudoconforme dans l'espace de deux variables complexes.* Note de M. **Boris Fuchs**, présentée par M. Élie Cartan.

Considérons un domaine $\mathfrak{B}$ borné dans l'espace de deux variables complexes. M. Bergmann (¹) a introduit dans un tel domaine une métrique hermitienne intrinsèque $ds^2 = \mathbf{H}(dz, \overline{dz})$, où $\mathbf{H}(X, \overline{Y}) = \Sigma T_{m\bar{n}} X_m \overline{Y}_n$, $T_{m\bar{n}} = \partial^2 \log K / \partial z_m \partial \bar{z}_n$ (²), invariante par rapport aux transformations

(¹) Voir Bergmann, B_1, *Journal de Crelle*, **169**, 1932, p. 1-40; B_2, *Journal de Crelle*, **172**, 1934, p. 89-128, et B_3, *Rend. d. R. Acc. nazion. d. Lincei*, 6ᵉ série, **19**, 1934, p. 474-478.

(²) K est la fonction-noyau (*Kernfunktion*) du domaine $\mathfrak{B}$ (cf. B_1, § 1).

pseudoconformes du domaine $\mathfrak{B}$. L'angle entre deux vecteurs $X=\{X_k\}$ et $Y=\{Y_k\}$ $(k=1,2)$, issus d'un point P du domaine, peut être mesuré dans la métrique euclidienne et dans la métrique non-euclidienne indiquée plus haut. En désignant par ψ et Ψ les deux mesures de cet angle ainsi obtenues, on a

$$(1)\qquad \cos\psi=\frac{\mathbf{Re}[H(X,\overline{Y})]}{S_1S_2},\qquad \cos\Psi=\frac{\mathbf{Re}[\mathbf{H}(X,\overline{Y})]}{\mathbf{S}_1\mathbf{S}_2},$$

où $H(X,\overline{Y})=\Sigma X_k\overline{Y}_k$, $S_1^2=H(X,\overline{X})$, $S_2^2=H(Y,\overline{Y})$, $\mathbf{S}_1^2=\mathbf{H}(X,\overline{X})$, $\mathbf{S}_2^2=\mathbf{H}(Y,\overline{Y})$ et $\mathbf{Re}[\ldots]$ désignent la partie réelle de $[\ldots]$.

Considérons maintenant les deux plans analytiques $\mathfrak{U}$ et $\mathfrak{V}$ passant par le point P et le vecteur X respectivement par P et Y. L'angle de ces deux plans est par définition la borne inférieure des angles entre deux vecteurs, appartenant l'un à $\mathfrak{U}$, l'autre à $\mathfrak{V}$. Cet angle mesuré dans la métrique euclidienne (respectivement non-euclidienne) sera désigné par f (respectivement $\mathbf{f}$). Pour le vecteur X du plan $\mathfrak{U}$ on peut trouver un vecteur Y' (ou bien $\mathbf{Y}'$) dans le plan $\mathfrak{V}$, formant avec X l'angle f (ou bien $\mathbf{f}$). En désignant par φ (ou bien Φ) l'angle entre Y et Y' (ou bien $\mathbf{Y}'$) on peut écrire les égalités suivantes

$$(2)\qquad \sin\mathbf{f}=\frac{\sqrt{\varpi}\,|X_1\overline{Y}_2-X_2\overline{Y}_1|}{\mathbf{S}_1\mathbf{S}_2},\qquad \varpi=T_{1\bar{1}}T_{2\bar{2}}-|T_{1\bar{2}}|^2,$$

$$(3)\qquad \cos\mathbf{f}\,e^{i\Phi}=\frac{\mathbf{H}(X,\overline{Y})}{\mathbf{S}_1\mathbf{S}_2},\qquad \cos\Psi=\cos\mathbf{f}\cos\Phi,$$

et des formules analogues pour les angles mesurés dans la métrique euclidienne qu'on obtient en remplaçant $\mathbf{H}$ par H et ϖ par 1. En utilisant quelques inégalités du Mémoire B_3 (§ 2) on obtient

$$(4)\qquad k^{-1}\sin\mathbf{f}\leqq\sin f\leqq k\sin\mathbf{f},\qquad k=p^{-1}(1+\sqrt{1-p^2}),\qquad p=\frac{2\sqrt{\varpi}}{(T_{1\bar{1}}+T_{2\bar{2}})}\leqq 1.$$

On a en outre $(m/M)^3\leqq p\leqq 1$; M et m désignant la distance maximum et minimum du point P à la frontière de $\mathfrak{B}$ (cf. B_3, § 3).

De (4) découle, pour l'angle f^* correspondant à f dans une transformation pseudo-conforme de $\mathfrak{B}$ en $\mathfrak{B}^*$ (1), la formule

$$(5)\qquad (k^*k)^{-1}\sin f\leqq\sin f^*\leqq k^*k\sin f.$$

(1) La transformation de $\mathfrak{B}$ en $\mathfrak{B}^*$ étant donnée par $z_k^*=f_k(z_1,z_2)$, $k=1,2$ le vecteur X^* correspondant à X est donné par $X_k^*=\partial f_k/\partial z.\,X_1+\partial f_k/\partial z_2.\,X_2$, les dérivées étant prises au point P.

Dans des cas assez généraux quand le point P s'approche d'un point Q de la frontière de $\mathfrak{B}$, p tend vers o. Dans quelques cas important (par exemple pour les points Q_2 et Q_3 du Mémoire B_2, p. 97 et 102), on peut préciser l'ordre de décroissance de p vers o d'une manière assez exacte.

D'après (2) on obtient facilement la formule

$$(6) \qquad S_1^{\star} . S_2^{\star} \sin f^{\star} = | \partial(z_1^{\star}, z_2^{\star}) / \partial(z_1, z_2) | S_1 . S_2 \sin f,$$

qui peut également servir pour évaluer $\sin f^{\star} / \sin f$ (1).

Pour comparer l'angle Φ avec φ on a la formule

$$(7) \qquad \cos(\Phi - \varphi) = \frac{| L_1^2 + L_2^2 - 2(p\sqrt{\varpi})^{-1} \sin^2 \mathbf{f} |}{2 L_1 L_2 \cos f \cos \mathbf{f},}, \qquad L_k = \frac{S_k}{\mathbf{S}_k}$$

de laquelle on obtient facilement des limitations pour φ

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le deuxième problème de Cousin.* Note (2) de M. **Peter Thullen**, présentée par M. Julia.

M. Henri Cartan (3) annonce d'intéressantes propositions relatives aux deux problèmes de Cousin. Rappelons en quoi consistent ces problèmes :

I. On considère un domaine univalent D, dans l'espace de deux variables complexes w, z, et on le recouvre avec un ensemble dénombrable de domaines partiels D_i; on se donne en outre, dans chaque D_i, une fonction méromorphe $f_i(w, z)$, de façon que, dans chaque intersection D_{ij} de D_i et D_j, la différence $f_i - f_j$ soit holomorphe. *Existe-t-il alors une fonction* $F(w, z)$, *méromorphe dans* D *tout entier, et telle que, dans chaque* D_i, $F - f_i$ *soit holomorphe ?*

II. A la place des f_i on se donne des fonctions holomorphes φ_i, de façon que dans chaque D_{ij} le quotient φ_i/φ_j soit holomorphe et différent de zéro. *Existe-t-il une fonction* Φ, *holomorphe dans* D, *et telle que, dans chaque* D_i, *le quotient* Φ/φ_i *soit holomorphe et différent de zéro ?*

Nous dirons que le premier (ou le deuxième) théorème de Cousin est vrai pour un domaine D si, pour ce domaine, la réponse à la question I (ou à la question II) est affirmative quels que soient les domaines partiels D_i et les fonctions f_i (ou φ_i).

---

(1) Voir aussi le travail de M. Bergmann, *Journal de Crelle*, **162**, 1930, p. 256-264.

(2) Séance du 18 février 1935.

(3) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1284-1287.

Or Cartan affirme qu'*un domaine* D *pour lequel le premier théorème de Cousin est vrai est nécessairement un domaine d'holomorphie.*

Mais des exemples simples montrent qu'il n'en est plus ainsi pour le *deuxième* théorème de Cousin. Néanmoins, on a le

THÉORÈME I. — *Si le deuxième théorème de Cousin est vrai pour un domaine* D, *tout point intérieur à* H(D) (¹) *est nécessairement un point intérieur à* D *ou un point frontière de* D; en d'autres termes, H(D) *est contenu dans la fermeture de* D. En particulier, *si* D *n'est pas un domaine d'holomorphie*, D *possède nécessairement un point frontière qui n'est pas point d'accumulation de points extérieurs;* par suite, un domaine D dont tous les points frontières sont points d'accumulation de points extérieurs, et dans lequel l'un ou l'autre des deux théorèmes de Cousin sont vrais, est nécessairement un domaine d'holomorphie.

Le théorème I résulte du théorème suivant :

THÉORÈME II. — *Si chaque variété caractéristique* (²) *intérieure à* D *se laisse prolonger analytiquement dans* H(D) *en y restant régulière, alors* H(D) *est contenu dans la fermeture de* D.

Une variété caractéristique intérieure à un domaine quelconque D ne se laisse donc pas toujours prolonger dans le domaine H(D) en y restant régulière.

GÉOGRAPHIE. — *Sur le tracé de la vallée du Tafassasset au nord du Grand Erg du Ténéré et la probabilité de son prolongement, au Sud, jusqu'au Tchad.* Note (³) de M. **Louis Feyler**, présentée par M. Jean Tilho.

Au cours de nombreuses reconnaissances méharistes effectuées de 1932 à 1934 à travers les plaines du Ténéré, à l'ouest de la ligne d'oasis qui s'allonge depuis le lac Tchad jusqu'à Djado, en passant par Bilma, j'ai relevé à maintes reprises des traces d'anciennes vallées, parfois très nettes, parfois plus ou moins dissimulées sous les sables, montrant que cette vaste région, aujourd'hui parfaite image du désert absolu, était autrefois irriguée

(¹) H(D) désigne le *domaine d'holomorphie associé à* D (*Regularitätshülle*).

(²) Par variété caractéristique (régulière) dans un domaine D, on entend un ensemble de points de D, fermé dans D, et qui peut s'obtenir, au voisinage de chaque point, en égalant à zéro une fonction holomorphe.

(³) Séance du 18 février 1935.

par un puissant système hydrographique dont je me suis efforcé de mettre en évidence les principales caractéristiques.

L'artère centrale en était constituée par un grand fleuve, le Tafassasset, qui recevait de nombreux affluents, descendus des montagnes de l'Aïr et du Hoggar sur sa rive droite, des plateaux du Tassili sur sa rive gauche.

Je ne décrirai dans cette Note que les sections nouvellement découvertes du Tafassasset (voir le croquis, p. 727).

Les parties connues de cet ancien fleuve se limitaient alors à son cours supérieur depuis ses origines (Djebel Ounane) jusqu'au puits d'In Afelalah et, en aval de ce puits, à la première section de son cours moyen jusqu'à sa sortie de la région montagneuse non loin de la *gara* Toubeau [1] : en tout 550^{km} environ de parcours.

C'est là que commencèrent mes recherches : le Tafassasset, jusqu'alors bien dessiné entre des berges rocheuses, y débouche dans une vaste plaine sablonneuse où il semble divaguer et se perdre; mais je retrouve bientôt des traces de son ancien thalweg que jalonnent des alternances de sol argileux et ferme et de terrain poussiéreux et mou; ce n'est guère qu'à une dizaine de kilomètres plus loin que réapparaissent des berges basses sensiblement parallèles et distantes en moyenne de 2500 à 3000^{m}.

L'oued s'élargit ensuite à 5000 ou 6000^{m} après un nouvel épanouissement dû au confluent de deux vallées adjacentes, mais sans pour cela changer d'aspect : plaine sablonneuse à perte de vue de tous côtés, aucun relief rocheux, pas même de dunes; désert absolu. Sa direction générale vers le SSE se maintient sans changement depuis In Afelalah.

Vers le kilomètre 630 de son parcours, et sans modification sensible du terrain, l'oued s'infléchit brusquement vers le Sud-Ouest; ses berges deviennent moins distinctes, et, au ras du sol surchauffé, une intense réfraction aidant, la vallée devient difficile à discerner; comme j'ai encore à franchir 350^{km} avant d'arriver au point d'eau de Fachi, et que toute trace de l'oued semble avoir disparu, je ne m'attarde pas plus longtemps à sa recherche et reprends ma route vers le Sud-Sud-Est : j'espère trouver à quatre journées de marche une autre vallée dont j'ai découvert l'existence deux mois auparavant, non loin de l'Adrar Madet, petit massif isolé au milieu des

---

(1) Au début de 1928 le lieutenant Toubeau a déterminé le cours du Tafassasset jusqu'à un petit rocher isolé de 4 à 5^{m} de relief (dénommé depuis Gara Toubeau) situé à 225^{km} environ au Sud-Sud-Est et en aval du puits d'In Afelalah.

sables, qui sert de repère aux voyageurs et au pied duquel passe la piste automobile d'Agadès à Blima.

J'arrive en vue de cette vallée 80^{km} avant l'endroit prévu; je l'aperçois à une dizaine de kilomètres sur ma droite, nettement en contre-bas et barrée de place en place par de petites dunes vives; elle paraît très large et vient du Nord-Nord-Ouest; j'ai l'impression très nette que je viens de retrouver le Tafassasset, perdu de vue trois jours auparavant (cette impression se changera un peu plus tard en certitude, grâce à une reconnaissance effectuée dans cette zone par le Lieutenant Charvet peu de temps avant mon passage.)

Pendant une cinquantaine de kilomètres, je longe la berge orientale de cette grande vallée, toujours en direction du SSE; puis elle s'infléchit vers le SW; cette fois, je décide de suivre ce nouveau coude pas à pas, mais auparavant il me faut effectuer un va-et-vient de 240^{km} pour me rendre à Fachi, où je dois renouveler ma provision d'eau et changer mes chameaux exténués contre des chameaux frais.

Je reprends mes recherches au point même où je les ai interrompues 12 jours plus tôt, c'est-à-dire vers le 870ᵉ kilomètre du parcours du Tafassasset; sa rive orientale est nettement dessinée par une pente d'une dizaine de mètres; sa rive occidentale, par contre, disparaît sous un moutonnement de dunes vives qui couvrent également une grande partie de l'ancien lit et le rendent méconnaissable; c'est ainsi que la piste automobile peut traverser cette large vallée d'un bord à l'autre, sans que les voyageurs venant d'Agadès puissent s'en rendre compte, leur horizon étant masqué de tous côtés par des chevauchements dunaires.

Nous sommes là en effet sur la bordure septentrionale du Grand Erg du Ténéré, véritable mer de sables mouvants, s'étendant sur plus de 150000^{km^2}, depuis les monts de l'Aïr jusqu'au pied du massif du Tibesti. Néanmoins, je réussis à relever dans cette zone confuse, encore une centaine de kilomètres du parcours de l'ancien fleuve, puis tous vestiges de vallée disparaissent sous l'accumulation des dunes : le cours du Tafassasset se trouve ainsi fixé désormais sur environ 1000^{km}.

En trois dures journées, je traverse ensuite le Grand Erg pour atteindre, sur ses lisières méridionales, à 125^{km} de là, un petit groupe d'anciens volcans ([1]), distant d'une centaine de kilomètres seulement du massif de

([1]) Ce petit groupe volcanique couvre une superficie d'environ 1200^{km^2} et comprend une dizaine de bouches ayant un relief au-dessus de la vallée d'environ 100 à 200^{m} (estimation à simple vue).

Termitt où je trouverai en abondance pâturages pour mes chameaux et eau pour mes hommes.

Une grande vallée longe le pied occidental des falaises de Termitt et du soubassement rocheux d'où émergent les anciennes bouches volcaniques de Gossolorom et d'Ardiguinga ; j'en relève le tracé et constate qu'elle vient du Nord-Ouest : elle semble sortir du Grand Erg à une vingtaine de kilomètres à l'ouest de l'Ehi Ardiguinga.

Ne serait-elle pas la continuation du Tafassasset réapparaissant au sud de la grande barrière de sables ? Sous réserve de contrôle ultérieur (qu'un nouveau séjour dans ces régions me permettra peut-être de mener à bien) je suis assez enclin à adopter provisoirement cette hypothèse. En supposant que l'avenir la confirme, la preuve serait faite que le Tafassasset était un affluent direct du lac Tchad, car la vallée de Termitt se prolonge vers le Sud-Est par celle du Dilia dont on peut suivre aisément le parcours jusqu'à Nguigmi, où elle débouche au fond du golfe nord-ouest du lac, golfe dont elle explique l'origine.

Depuis le Djebel Ounane, au nord du Hoggar, jusqu'au lac Tchad, la longueur de l'ancien parcours du Tafassasset atteindrait ainsi 1550^{km} environ.

Remarques de M. **J. Tilho** *au sujet de la Note de M.* Louis Feyler.

La belle exploration du capitaine Feyler à travers les parties les plus désolées du Sahara central apporte une confirmation des plus nettes à l'hypothèse formulée ici même, il y a un peu plus d'un an, au sujet du rattachement probable du Tafassasset au bassin du Tchad plutôt qu'à celui du Niger [1]. Cette confirmation a été obtenue au cours d'une reconnaissance qui constitue l'une des plus magnifiques performances qu'aient réalisées nos méharistes : tenter sans guide une randonnée de 700^{km} à travers une immense zone de désert absolu, pour y découvrir d'incertains vestiges de cours d'eau depuis longtemps disparus, est une entreprise hardie, exigeant non seulement de l'audace et de la volonté, mais aussi une très grande habitude des longues étapes sahariennes; un tel effort atteint en effet l'extrême limite de résistance des meilleurs chameaux à la fatigue, à la soif et à la faim, surtout quand il se place à la fin d'une tournée de plusieurs mois.

---

[1] Conrad Kilian et J. Petit-Lagrange, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1299.

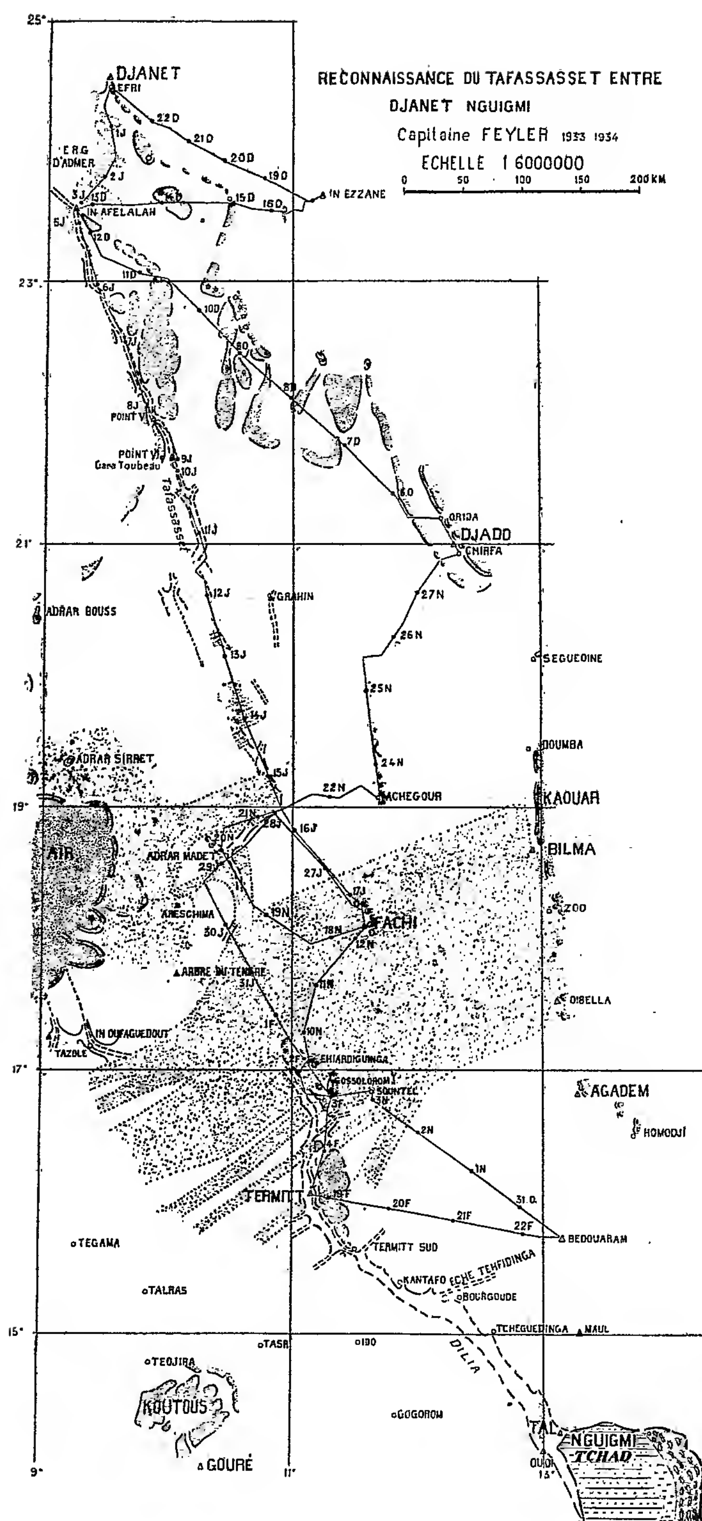
De tels trajets n'ayant jamais été affrontés ni par les Touaregs ni par les Toubous les plus intrépides, les directions à suivre, déterminées préalablement à l'aide de cartes rudimentaires, étaient réglées à la boussole de poche, avec obligation de s'en écarter le moins possible, même au prix de l'abandon des recherches entreprises, quand elles paraissaient devoir comporter des retards trop importants.

C'est ainsi qu'après avoir reconnu le grand coude vers le Sud-Ouest que fait le Tafassasset à peu près à mi-distance entre les points cotés 750 et 400 par Kilian et Petit-Lagrange, et l'avoir suivi pendant une quinzaine de kilomètres sans en apercevoir la fin, le capitaine Feyler dut se résigner à reprendre sa direction primitive de marche vers le point d'eau de Fachi. Trois jours plus loin, il se trouvait dans une large vallée dont l'orientation, l'importance et les caractères généraux lui faisaient supposer qu'elles pourrait être le prolongement du Tafassasset; mais ne pouvait-il aussi bien supposer que le grand coude observé ne fût justement l'amorce du changement de direction qui, selon la thèse touareg, recueillie et adoptée par Barth, Duveyrier, Foureau, etc., ramènerait le Tafassasset vers l'oued d'In Azaoua, ancien tributaire du Niger? (1).

Cette grave incertitude fut de courte durée : le lieutenant Charvet, des méharistes de l'Air, était heureusement passé par là trois semaines plus tôt, cherchant lui aussi les vestiges du Tafassasset, au cours d'un beau raid de 750^{km} (15-29 décembre 1933) qui l'avait amené à raccorder son levé à celui de Toubeau; la comparaison des levés de Feyler et de Charvet, supprimant leurs lacunes respectives, à l'exception d'une quarantaine de kilomètres environ, démontre que ce grand coude vers le Sud-Ouest se redresse vers le 50e km et que le Tafassasset, retrouvant sa direction SSE, vient bien passer au pied de l'Adrar Madet, avant de se perdre sous les amoncellements de dunes du Grand Erg du Ténéré.

Que devient-il ensuite? Se continue-t-il jusqu'au Tchad par les vallées de Termitt et de Dilia, comme le suppose Feyler? L'hypothèse est fort séduisante, mais il se pourrait qu'elle ne se concilie pas d'une façon satisfaisante avec les déterminations altimétriques qui devront être faites

(1) Au cours de son raid de 1928, de Djanet à In Azaoua, le long du Tafassasset, Toubeau était arrivé à une conclusion assez nettement défavorable à l'hypothèse des Touaregs; mais le grand coude dont ils annonçaient l'existence ayant été trouvé par Feyler, à près de 100^{km} au sud du point où Toubeau avait perdu le Tafassasset de vue, cette hypothèse redevenait admissible.



RECONNAISSANCE DU TAFASSASSET ENTRE
DJANET NGUIGMI
Capitaine FEYLER 1933 1934
ECHELLE 1 6000000
0
50
100
150
200 KM
DJANET
EFRI
ERG D'ADMER
IN AFELALAH
IN EZZANE
POINT V
POINT VI Gara Toubeau
Tafassasset
ORIDA
DJADO
CHIRFA
ADRAR BOUSS
GRAHIN
SEGUEDINE
DOUMBA
ADRAR SIRRET
ACHEGOUR
KAOUAR
BILMA
AIR
ADRAR MADET
KRESCHIMA
FACHI
ZOO
ARBRE DU TENERE
DIBELLA
IN OUFAGUEDOUT
TAZOLE
CHIARDIGUINGA
AGADEM
HOMODJI
TERMITT
BEDOUARAM
TERMITT SUD
TEGAMA
TALRAS
KANTAFO
BOURGOUDE
TCHEGUEDINGA
NAUL
TASR
100
DILIA
TEOJIRA
KOUTOUS
GOGOROM
NGUIGMI
TCHAD
GOURÉ
25°
23°
21°
19°
17°
15°
9°
11°
13°

quelque jour dans cette région particulièrement défavorisée sous ce rapport.

De l'altitude du plus haut piton de Termitt (670^{m} selon F. Rodd) on serait en effet tenté de *déduire à simple vue* (ce qui comporte naturellement une assez forte marge d'erreur) que la vallée de Termitt à l'endroit où elle émerge de la bordure sud du Grand Erg, pourrait être au moins à 450^{km} au-dessus du niveau de la mer; tandis que plus au nord, celle du Tafassasset à son entrée dans ce même Grand Erg serait probablement un peu inférieure à 400^{m}, Petit-Lagrange ayant déjà trouvé cette cote de 400^{m} à plus de 180^{km} en amont.

D'autre part, la possibilité de l'existence dans ces parages d'un ancien système lacustre en relations plus ou moins directes avec un Paléo-Tchad de grande étendue ne doit pas être perdue de vue (1) et il se pourrait que le Tafassasset en ait été l'un des plus importants tributaires; Fachi, Bilma, Dibela, etc., dont les altitudes ne dépassent pas 320-330^{m} représentent sans doute les points les plus bas de cette zone déprimée, où les sables charriés par les vents se sont amoncelés dans des conditions probablement analogues à celles que l'on peut observer de nos jours dans certaines îles des archipels du Tchad.

Le Capitaine Feyler aura sans doute encore l'occasion de retourner dans cette partie du Sahara tchadien que ses travaux ont puissamment contribué à nous faire connaître : il serait à souhaiter qu'il puisse en ce cas être muni des instruments indispensables aux mesures altimétriques concernant les hypothèses qui viennent d'être envisagées.

En terminant, je noterai que, si le problème géographique du Tafassasset a pu être ainsi résolu définitivement par Feyler, Charvet, Bédo et quelques autres méharistes, le mérite de l'impulsion initiale donnée à ces recherches revient au Colonel Vignon qui commandait à cette époque les troupes de la région de Zinder.

CHALEUR. — *La réfrigération de l'eau par évaporation fractionnée.* Note (2) de M. **Paul Chambadal**, présentée par M. J. Rey.

Le procédé de réfrigération de l'eau par évaporation consiste à établir au-dessus de la nappe d'eau une pression suffisamment faible pour qu'une

(1) H. Douvillé et Tilho, *Compte rendus*, **197**, 1933, p. 1012 à 1016.

(2) Séance du 18 février 1935.

partie du liquide passe à l'état de vapeur, cette transformation se produisant aux dépens de la chaleur contenue dans l'eau liquide.

Prenons 1^{kg} d'eau (que nous supposerons parfaitement désaérée), à la température absolue T_1. Pour refroidir cette eau jusqu'à la température $T_2 < T_1$, on doit créer dans l'enceinte où se trouve le liquide une pression égale à la tension de vapeur correspondant à la température T_2 : $p_2 = f(T_2)$. Cette condition étant réalisée (par exemple, en reliant l'enceinte à l'aspiration d'un extracteur), le poids d'eau évaporé sera

$$P = \frac{T_1 - T_2}{r_2},$$

r_2 étant la chaleur de vaporisation (en cal./kg) correspondant à la température T_2.

La vapeur produite sera refoulée dans un condenseur que nous supposerons alimenté avec un débit d'eau illimité à la température T_1 ; la pression finale de la vapeur sera donc donnée par $p_1 = f(T_1)$. Dans ces conditions idéales, la compression de la vapeur depuis la pression p_2 jusqu'à la pression p_1 pourra être envisagée comme suit : compression adiabatique jusqu'à une pression intermédiaire p_i où la température de la vapeur atteint T_1, et compression isothermique de p_i à p_1. L'énergie absorbée par cette transformation peut être exprimée par la formule approchée

$$q = (T_1 - T_2)\left(\frac{r_2}{T_2} - \frac{T_1 - T_2}{T_1 + T_2}\right) \text{ cal. par kg de vapeur,}$$

ou, en rapportant cette énergie à 1^{kg} d'eau à la température T_1,

$$q = \frac{(T_1 - T_2)^2}{T_2} - \frac{(T_1 - T_2)^3}{r_2(T_1 + T_2)}.$$

Si, au lieu d'utiliser un seul évaporateur, on applique le principe bien connu de l'évaporation fractionnée, en envoyant l'eau successivement dans plusieurs appareils placés en série, l'énergie absorbée par la compression de la vapeur peut être notablement réduite. En désignant la température régnant par le premier évaporateur par T' et le poids de vapeur sortant de celui-ci par P', on a

$$P' = \frac{T_1 - T'}{r'},$$

et la compression de cette vapeur de la pression $p' = f(T')$ à la pression

$p_1 = f(T_1)$ absorbe la quantité d'énergie

$$q' = \frac{(T_1 - T')^2}{T'} - \frac{(T_1 - T')^3}{r'(T_1 + T')}.$$

Pour le deuxième évaporateur on a, d'une manière analogue,

$$P'' = (1 - P')\frac{T' - T''}{r''} = \left(1 - \frac{T_1 - T'}{r'}\right)\frac{T' - T''}{r''}$$

et

$$q'' = \left(1 - \frac{T_1 - T'}{r'}\right)\frac{T' - T''}{r''}(T_1 - T'')\left(\frac{r''}{T''} - \frac{T_1 - T''}{T_1 + T''}\right).$$

Des relations semblables peuvent être établies pour tous les autres appareils de la série de n évaporateurs. Les températures T', T'', T''', ... régnant dans ces appareils doivent être choisies de manière à réduire au minimum l'expression de l'énergie totale absorbée, rapportée à l'unité de poids d'eau froide; cette expression est

$$\frac{\Sigma_1^n q}{1 - \Sigma_1^n P} = F(T', T'', T''', \ldots).$$

Dans le domaine des applications pratiques, les chutes totales de température $(T_1 - T_2)$ sont assez faibles et l'on peut admettre avec une précision très suffisante

$$T^{(k-1)} - T^{(k)} = \frac{T_1 - T_2}{n}.$$

A la limite, pour $n = \infty$, on peut démontrer que le travail élémentaire dq s'exprime par

$$dq = \frac{(a - bT_1)^{\frac{1}{b}}}{(a - bT_1)^{\frac{1+b}{b}}}(T_1 - T)\left(\frac{a - bT}{T} - \frac{T_1 - T}{T_1 + T}\right)dT,$$

a et b étant les coefficients de la relation linéaire $r = a - bT$.

Comme la courbe exprimée par cette fonction peut être assimilée à une droite, on peut poser

$$q = \frac{(a - bT)^{\frac{1}{b}}}{(a - bT_2)^{\frac{1+b}{b}}}\frac{(T_1 - T_2)^2}{2}\left(\frac{a - bT_2}{T_2} - \frac{T_1 - T_2}{T_1 + T_2}\right).$$

Or le poids d'eau disponible à la température T_2 par kilogramme d'eau à la température initiale T_1 s'exprime par $(a - bT_1/a - bT_2)^{1/b}$; par con-

séquent, l'énergie absorbée, par kilogramme d'eau froide, est

$$\frac{(T_1 - T_2)^2}{2T_2} - \frac{(T_1 - T_2)^3}{2(T_1 + T_2)(a - bT_2)}.$$

Cette énergie est donc égale à la moitié de celle absorbée dans le cas d'un seul évaporateur et rapportée à 1kg d'eau chaude.

En calculant l'énergie absorbée (en calories par kilogramme d'eau chaude) pour $p = 1$, $p = 2$ et $p = \infty$, ainsi que pour plusieurs valeurs de T_1 et de T_2, on obtient la relation générale (approchée)

$$q = (T_1 - T_2)^2 \left(0{,}001784 + \frac{0{,}0018}{n - 0{,}0236}\right).$$

ÉLECTRICITÉ. — *Courants d'ions positifs produits dans un vide élevé.* Note de M. **René Planiol**, présentée par M. A. Cotton.

Nous avons décrit (1) un appareil où un faisceau d'électrons de vitesse uniforme et constante dirigé suivant Ox rencontre un jet atomique dirigé suivant Oz, un champ électrique parallèle à Oy recueillant les ions produits. Lorsqu'on veut étudier le courant transporté par les ions on rencontre deux difficultés principales. D'une part la densité atomique dans le jet est faible; dans toutes les expériences décrites ci-dessous les électrons ont toujours été accélérés sous 1000 volts et l'intensité du faisceau a été réglée à une petite valeur (300 milliampères seulement) : le courant d'ions positifs est donc peu intense. D'autre part il est très difficile d'obtenir un vide assez bon pour que les électrons ne donnent, en présence du gaz résiduel, qu'un courant parasite faible devant le courant utile.

1. Les premiers essais ont été faits avec le mercure, choisi pour la très grande facilité avec laquelle il donne naissance à des jets atomiques. Nous n'avons obtenu d'abord que des résultats négatifs, le courant d'ions parasites masquant complètement le courant utile. Après divers perfectionnements apportés au dispositif de pompage et à l'appareil à jet, le courant parasite est descendu à 25 μA avec des fluctuations ne dépassant pas ±0,5 μA. Le calcul indiquait que le courant d'ions utiles devait être de l'ordre du microampère. En effet l'expérience a donné une augmentation du courant d'ions de 1 μA, au moment où le jet atomique rencontre le faisceau d'électrons.

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 539.

2. L'appareil contenant beaucoup de pièces métalliques il nous a semblé préférable d'éliminer le mercure pour ne pas risquer d'endommager le montage. Le cadmium nous a paru un métal favorable en raison de sa tension de vapeur relativement élevée; il ne s'oxyde pratiquement pas à froid dans l'air et si, par suite de fausse manœuvre, du Cd se dépose dans le tube, il n'en résulte aucun inconvénient. Grâce à quelques nouveaux perfectionnements le vide s'est trouvé amélioré, le courant d'ions parasites est tombé à une dizaine de microampères et les fluctuations à $\pm 0,1\,\mu A$. De nouvelles pompes plus puissantes en cours de montage permettront peut être de réaliser encore un abaissement de ce courant. Dans les conditions où nous avons opéré nous avons obtenu avec le Cd des courants d'ions positifs de 10 puis de 30 microampères. Ces courants sont mesurés par différence des valeurs du courant d'ions quand on établit ou supprime le jet atomique.

3. L'augmentation très notable du courant d'ionisation lorsqu'on chauffe le cadmium est bien due au jet atomique issu du métal et non à des causes parasites.

On en a la confirmation par l'expérience suivante : ayant monté et vidé complètement l'appareil, mais sans l'avoir garni de Cd, on a pu procéder à des chauffages et à des refroidissements répétés sans que le courant d'ions parasites change de valeur.

Une autre confirmation peut être trouvée dans la remarque suivante : les deux courbes réprésentant en fonction de la température l'une le courant d'ions de Cd (courbe expérimentale) et l'autre le nombre d'atomes par centimètre cube dans l'atmosphère du four (courbe calculée à partir des données de la théorie cinétique) ont tout à fait la même allure.

Enfin un manomètre de Knudsen à indications permanentes placé sur le tube indique une pression absolument constante pendant toute la durée de l'expérience ce qui ne pourrait avoir lieu s'il s'agissait d'une véritable augmentation de pression, due par exemple à des dégagements du four.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les lois du dégagement d'électricité par torsion dans le quartz*. Note de MM. **Ny Tsi-ze** et **Tsien Ling-Chao**, présentée par M. Ch. Fabry.

Nous avions insisté (¹) sur la nécessité d'employer un cylindre creux, au lieu d'un cylindre plein, pour l'étude quantitative du phénomène de dégagement de l'électricité par torsion dans les cristaux de quartz et énoncé (²) les lois qui régissent ce phénomène. La quantité d'électricité dégagée Q est

$$Q = k \frac{l}{d_0(d_0 - d_i)} C,$$

où k est une constante égale à $9,3 \times 10^{-8}$ en unités absolues C. G. S. électrostatiques, l, d_0 et d_i sont la longueur et les diamètres extérieur et intérieur du cylindre creux, et C est le moment du couple appliqué.

Nous venons d'apprendre que M. E.-P. Tawil (³) avait publié ses résultats sur la même question une semaine avant que notre deuxième Note fût arrivée en France. La formule donnée par M. Tawil est

$$Q = K \frac{l}{\pi(R^2 - r^2)} C,$$

où K est égal à 0,12 u. e. s. C. G. S. pour un couple de 1 kg × cm, une longueur de cylindre et une surface de couronne $\pi(R^2 - r^2)$ égales à l'unité.

Remarquons que les deux formules ci-dessus représentent aussi bien l'une que l'autre les observations relatives aux cylindres dont les rapports d_i/d_0 des diamètres intérieur et extérieur ne s'écartent pas trop de 2/3. La formule proposée par M. Tawil, bien que le dénominateur représente un être géométrique simple, avait été rejetée par nous après de nombreuses mesures faites sur des cylindres dont le rapport d_i/d_0 a varié dans de très larges limites.

Nous reproduisons ci-après les résultats relatifs à une série de quatre cylindres qui sont taillés l'un à l'intérieur de l'autre dans un même morceau de quartz ($l = 6^{cm},6$) :

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1595.
(²) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1101.
(³) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1025.

d_0. cm	d_i.	d_i/d_0.	q en u. e. s./kg × cm.	k.	K.
2,35........	1,12	0,48	0,212	$9,4.10^{-8}$	0,106
2,35........	1,93	0,82	0,605	9,2 »	0,128
1,57........	1,12	0,71	0,86	9,3 »	0,124
0,87........	0,20	0,23	2,02	9,4 »	0,086

On voit que k reste constant, tandis que K de la formule de M. Tawil varie systématiquement avec le rapport d_i/d_0 de 0,128 à 0,087. Il ne sera pas difficile de faire varier davantage le rapport d_i/d_0 pour trancher définitivement la question.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le passage du courant aux tensions inférieures à la tension de décomposition des électrolytes*. Note [1] de M. **Ignace Zlotowski**, présentée par M. Jean Perrin.

Conformément à la théorie classique de l'électrolyse, aucun courant électrique ne doit passer dans l'électrolyseur tant que la force électromotrice (f. é. m.) reste inférieure à la tension de décomposition de l'électrolyte examiné. On sait toutefois qu'en général on observe nettement le passage du courant (d'ailleurs d'une très courte durée) pour des f. é. m. relativement faibles. Jusqu'à ces derniers temps, la plupart des auteurs ont considéré ce phénomène comme provoqué par des influences dépolarisantes (diffusion, adsorption, réactions chimiques secondaires, etc.) [2]. Récemment, au contraire, vient de paraître une série de travaux d'après lesquels il faudrait admettre que le courant mentionné (appelé, d'ailleurs incorrectement, *courant résiduel*) correspondrait plutôt à la charge électrostatique du condensateur dont les armatures sont respectivement l'électrode et la couche du liquide contiguë à sa surface [3].

On représente généralement la marche de l'électrolyse par une courbe tension-courant : $I = f(E)$. Considérons une solution soumise à une

---

(1) Séance du 11 février 1935.

(2) Comp. E. Baars, *Handb. d. Physik*, **13**, 1928, p. 575.

(3) J. S. Sand, *Trans. Farad. Soc.*, **24**, 1930, p. 50; P. Herasymenko et I. Slendyk, *Z. phys. Chem.*, **149**, 1930, p. 123; T. Erdey-Gruz et M. Volmer, *Z. phys. Chem.*, **150**, 1930, p. 203; voir aussi R. W. Garney, *Proc. Roy. Soc.*, London, A., **134**, 1931, p. 137.

tension croissante d'une manière continue [par exemple au moyen du polarographe de Heyrovsky et Shikata [1]] entre des électrodes renouvelées à une vitesse uniforme v. Si l'on admet le caractère électrostatique du *courant résiduel*, la branche correspondante de la courbe (I, E) tracée dans ces conditions doit être une droite dont l'inclinaison ne dépend que de la vitesse v. En effet, en désignant par dc la capacité électrostatique de la surface de l'électrode traversant l'électrolyseur dans un temps dt et par dE, l'accroissement de f. é. m. correspondant au même temps, on a : $dc(E + dE) = I_r . dt$; d'où, en négligeant le deuxième terme du développement, on obtient

$$I_r = \frac{dc}{dt} E = \text{const. } E = k v E.$$

L'allure linéaire du courant résiduel, constatée à plusieurs reprises au cours d'études polarographiques de la polarisation des électrodes renouvelées [2], paraissait confirmer totalement l'hypothèse discutée. Il convient pourtant de signaler que l'équation (1) exige en même temps que l'intensité I_r soit proportionnelle à la vitesse v, lorsque la f. é. m. est constante.

Pour vérifier cette relation nous avons tracé au moyen du polarographe quelques dizaines de courbes (I, E) de la polarisation cathodique des électrodes métalliques solides renouvelées d'une manière continue [3]. Ces courbes montrent qu'au fur et à mesure de l'augmentation de la vitesse v les branches du courant résiduel deviennent de plus en plus abruptes en tendant à se fondre en une seule droite avec la branche du dégagement propre, de sorte que pour chaque tension déterminée la relation entre I_r et v peut être exprimée par une formule générale

$$I_r = A\left(1 - \frac{1}{B + C.v}\right),$$

où A, B et C sont des constantes. D'après cette formule, en faisant croître v, I_r tend vers une limite A (que l'on atteint en pratique déjà pour des vitesses de l'ordre 1.10^{-2} cm²/sec), ce qui est en contradiction évidente avec l'équation (1). Par contre l'équation (2) paraît être bien justifiée si l'on considère le courant résiduel comme un courant faradique ordinaire.

---

(1) J. HEYROVSKY, *Bull. Soc. chim.*, 41, 1927, p. 1224.

(2) P. HERASYMENKO et I. SLENDYK, *loc. cit.*; J. HOEKSTRA, *Rec. chim. Pays-Bas*, 50, 1931, p. 339.

(3) Voir, pour les détails concernant le dispositif utilisé, I. ZLOTOWSKI, *Bull. de l'Ac. Sc. Polonaise*, série A, 1934, p. 117.

On sait que le dépôt électrolytique ne se fait pas sur toute la surface de l'électrode mais seulement en certains centres actifs dont le nombre augmente avec l'accroissement de la f. é. m. [1]. Pour un courant faradique, le potentiel de polarisation (proportionel dans ce cas à la concentration du produit de l'électrolyse sur la surface de l'électrode) doit donc être une fonction linéaire de la f. é. m. : $P \sim pE$. D'autre part, les conditions de l'électrolyse déterminent une certaine influence dépolarisante (d) capable de diminuer la concentration de produit de l'électrolyse sur l'électrode et par suite son potentiel de polarisation. Si l'on exprime donc le potentiel de polarisation d'une électrode non renouvelée par $P = pE/d$, il est évident qu'au cas du renouvellement de celle-ci à une vitesse constante v on aura : $P = pE/d + mv$ (m, coefficient numérique). L'allure linéaire du courant résiduel nous autorise à porter cette valeur de P dans l'expression suivante :

$$I_r = \frac{E - P}{R} = \frac{E - \dfrac{pE}{d + mv}}{R} = \frac{E}{R}\left(1 - \frac{1}{\dfrac{d}{p} + \dfrac{m}{pv}}\right) = \frac{E}{R}\left(1 - \frac{1}{B + Cv}\right),$$

ce qui pour E constant correspond exactement à notre formule expérimentale.

D'après ce que nous venons d'établir il paraît donc, qu'en principe, la nature du *courant résiduel* ne se distingue en rien de celle que l'on attribue au courant de dégagement propre. La différence entre ces deux domaines n'est probablement que quantitative. En effet, au-dessous d'une f. é. m. déterminée les atomes déchargés sur des centres actifs de l'électrode (et y retenus grâce aux forces d'adsorption) ne peuvent les quitter (produits gazeux) ou bien ne sont pas encore capable de jouer le rôle d'électrode (métaux). Par suite, le dégagement est arrêté, c'est le domaine du courant résiduel. Lorsque la f. é. m. atteint une certaine valeur, les atomes peuvent quitter la surface de l'électrode immédiatement après la décharge, s'ils sont gazeux, ou, s'ils sont métalliques, peuvent former eux-mêmes de nouveaux centres du dépôt électrolytique. Dans les deux cas le dégagement de nouveaux ions est rendu possible, on est dans le domaine de l'électrolyse permanente.

---

[1] T. Erdey-Gruz et M. Volmer, *Z. phys. Chem.*, 157, 1931, p. 165.

MAGNÉTISME. — *Appareil d'induction pour la mesure des faibles moments magnétiques.* Note de M. **Émile Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

Les très faibles aimantations permanentes des roches et des terres cuites se mesurent en général au magnétomètre; j'ai décrit (¹) un appareil permettant cette mesure dans un champ magnétique très troublé. Mais ces mesures magnétométriques ne sont correctes que pour des échantillons uniformément aimantés; beaucoup de roches et de terres cuites grossières (briques) ayant une aimantation très irrégulière, il est indispensable d'employer pour elles une méthode d'induction.

Les méthodes d'induction pour la mesure des faibles aimantations ont été étudiées en détail par R. Chevallier (²), qui les a appliquées à l'étude de l'aimantation des laves de l'Etna. Un appareil d'induction très sensible a été plus récemment décrit par G. Grenet (³). L'appareil que j'ai à mon tour réalisé possède à un haut degré les trois qualités indispensables : champ uniforme dans un grand volume, zéro très stable, forte sensibilité.

Le circuit induit est constitué par deux bobines d'Helmholtz. Ces bobines ont été calculées pour que leur champ, au centre, soit uniforme au 1/100ᵉ près dans un volume sphérique de 10ᶜᵐ de rayon. Le même résultat pourrait être obtenu au moyen d'un solénoïde avec, à qualités égales, un peu moins de bobinage. Le dispositif à bobines d'Helmholtz est moins encombrant et beaucoup plus accessible dans la région où est disposé l'échantillon à étudier.

L'instabilité de zéro dans les appareils d'induction vient d'une part, des f. e. m. induites par les variations du champ magnétique extérieur (très importantes dans les villes), d'autre part, des f. é. m. thermoélectriques dans le circuit bobines induites-galvanomètre balistique. Pour éliminer les premières, j'ai employé un dispositif rappelant celui que j'ai utilisé dans la construction d'un système astatique symétrique à trois aimants (*loc. cit.*). De part et d'autre des deux bobines au centre desquelles se trouve l'échantillon étudié, sont disposées, sur le même axe, deux autres bobines identiques. Ces deux bobines compensatrices sont en série avec les

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 232.
(²) *Thèse*, Paris, 1925.
(³) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 874.

deux principales, mais en opposition. Cet ensemble de quatre bobines égales et d'ailleurs équidistantes élimine évidemment les perturbations magnétiques à champ uniforme; mais, de plus, on montre facilement que les effets des perturbations à champ non uniforme sont éliminés dès que la cause de la perturbation est à une distance un peu grande par rapport aux dimensions de l'appareil. (Dans le calcul des coefficients d'induction mutuelle entre l'échantillon à étudier et les bobines, il est, bien entendu, tenu compte de ces deux bobines supplémentaires.) Les effets thermo-électriques sont éliminés en constituant le circuit tout entier (bobines, bornes des bobines, shunt et bornes du galvanomètre) en cuivre rouge. Ces précautions se sont montrées absolument efficaces à l'expérience. Les bobines étant en série avec le galvanomètre, on n'observe sur l'échelle de celui-ci que des déplacements ne dépassant jamais 2/10e de millimètre. Avec les quatre bobines en série, mais sans inversion de sens, le spot est en agitation continue sur une dizaine de centimètres; avec les quatre bobines en série, deux dans un sens et les deux suivantes en sens inverse (système rappelant un système astatique de deux aimants), les déviations incessantes sont encore de plusieurs millimètres.

Avec un tel appareil, les mesures peuvent se faire, comme dans ceux précédemment cités, par enlèvement brusque de l'échantillon, cet enlèvement étant ici latéral. J'opère en réalité par retournement de 180° autour d'un axe perpendiculaire à celui des bobines, ce qui double les déviations à lire et élimine l'effet de l'aimantation induite dans l'échantillon par le champ terrestre. Pour cela, l'appareil comporte un système de deux mâchoires en métal non magnétique à la température ordinaire. Ces mâchoires à serrage symétrique permettent de centrer très facilement l'échantillon et de lui imprimer à partir d'une orientation quelconque une rotation de 180°.

Chaque bobine comporte 36×36 spires de cuivre (diamètre, 10/10). Le rayon de la bobine simple équivalente est environ $31^{cm},5$, la distance de deux bobines consécutives, 37^{cm}. Le champ que produiraient ces quatre bobines dans leur région centrale est $27 \times I$ gauss pour un courant I ampères.

Avec un galvanomètre Zernike, la sensibilité obtenue est de 20^{mm} par unité C. G. S. E. M. de moment magnétique.

Le volume de champ uniforme étant grand, on peut opérer avec des échantillons relativement volumineux 4^{dm^3}, par exemple). Une composante de l'aimantation de 10^{-4} u. e. m. donne alors une déviation de 8^{mm}.

Si l'on tient compte de la grande stabilité du zéro, on voit que cet appareil permet la mesure commode et précise de l'aimantation des roches et des terres cuites, aimantation souvent de beaucoup supérieure à 10^{-4} u. e. m.

Cet appareil, a servi, jusqu'ici, à déterminer les aimantations (direction et valeur) prises par des briques cuites dans des *fours de campagne*, c'est-à-dire dans le champ terrestre non perturbé. Les résultats de cette étude seront publiés bientôt dans un autre Recueil.

SPECTROSCOPIE. — *Un filtre vert, monochromatique.* Note de M. **Bernard Lyot**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Le verre au néodyme possède, dans le jaune, une bande d'absorption large et intense. Observée à travers une grande épaisseur, cette bande est particulièrement bien délimitée du côté du vert.

En superposant un verre au néodyme de 50^{mm} d'épaisseur et un verre de Schott VG 3 de 2^{mm} d'épaisseur, on obtient un filtre dont la transparence, en fonction de la longueur d'onde, est représentée par la courbe A. Sa transparence maximum est de 36 pour 100 pour la longueur d'onde 5600; la largeur équivalente de la bande transmise est de 116 Angström.

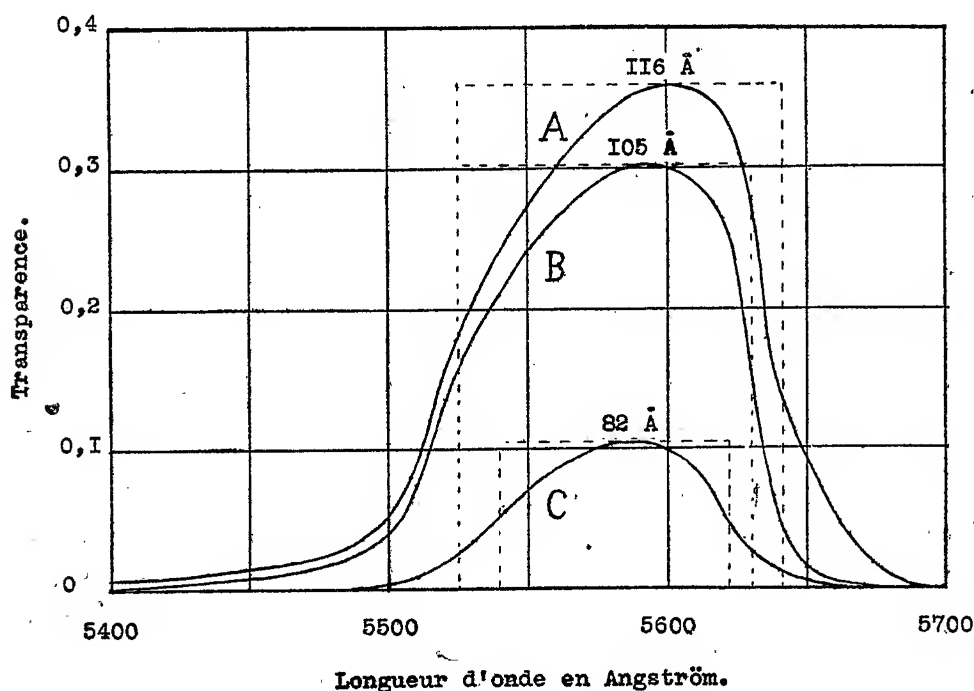
L'emploi d'un verre plus chargé en néodyme ou d'un verre semblable mais de 100^{mm} d'épaisseur, permet de réduire cette largeur à 105 Å tout en perdant très peu de lumière. Dans ces conditions, la transparence du filtre est donnée par la courbe B.

Le filtre transmet également quelques bandes plus faibles, dans l'extrême rouge, dans le bleu et dans le violet et une bande très faible dans l'orangé. On peut supprimer les premières en ajoutant une cuve contenant une solution de sulfate de cuivre et un filtre jaune. Pour faire disparaître la dernière, il faut augmenter un peu l'épaisseur du verre VG 3.

On peut réduire beaucoup l'épaisseur du filtre en remplaçant le verre au néodyme par une dissolution saturée du nitrate de ce corps.

La bande donnée par la dissolution possède un bord moins tranché que celle du verre; le filtre obtenu est un peu moins transparent, mais, en revanche, on peut le rendre plus monochromatique. Avec 15^{mm} de dissolution et un verre VG 3 de 4^{mm} d'épaisseur, la largeur équivalente de la

bande spectrale transmise n'est plus que 82 Å, tandis que la transparence maximum est de 10 pour 100 pour 5590 Å.



Ces divers filtres peuvent rendre des services, soit pour l'observation des aurores polaires dont elles permettent d'isoler la radiation principale 5577, soit en photométrie, pour la comparaison de sources lumineuses à des températures très différentes.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'absorption du rayonnement cosmique.* Note de M. **Pierre Auger**, présentée par M. Jean Perrin.

1. La décroissance de l'ionisation due aux rayons cosmiques au fur et à mesure de leur pénétration dans l'atmosphère, puis dans l'eau, a été analysée par divers auteurs; parmi ceux-ci Regener (1) a donné une série de coefficients d'absorption permettant l'analyse de cette décroissance.

(1) *Physik. Zeits.*, 34, 1933, p. 306.

Ces coefficients sont (en chiffres ronds), exprimés en 10^{-3} cm²/g : 8; 4; 2; 0,7; 0,2. Les rayonnements principaux correspondraient à un groupe mou dont le μ irait de 8 à 4.10^{-3} cm/g, un groupe moyen (2.10^{-3}) et un groupe dur (0,7 à $0,2.10^{-3}$).

2. Ces mesures ont été faites avec des chambres d'ionisation. Si l'on opère avec des compteurs en coïncidence placés dans un plan vertical et permettant l'interposition d'écrans de plomb, on peut faire à différentes altitudes ou à différentes profondeurs sous un écran de sol ou d'eau, une analyse des rayonnements *corpusculaires* au point de vue de leur pouvoir pénétrant dans le plomb. La comparaison des valeurs obtenues en différentes stations permet d'évaluer leur absorption dans l'air ou le sol. Des mesures de ce genre ont été faites par Rossi et ses collaborateurs, par P. Auger et Leprince-Ringuet; j'ai tenu compte dans ce qui suit de mesures récentes ([1]) que j'ai faites en collaboration avec M. Bertein sous un écran de 8^m de sol, équivalent à 20^m d'eau environ, soit 30^m depuis l'entrée dans l'atmosphère.

3. On peut résumer les résultats en disant qu'à toute profondeur (évaluée en mètres d'eau par exemple) sous le plafond de l'atmosphère, on constate l'existence de deux groupes de rayons corpusculaires. Le premier (D) est dur et présente dans le plomb un coefficient $\mu = 0,7.10^{-3}$ cm²/g. (coefficient identique à l'un de ceux de Regener; ce coefficient décroît légèrement, de 1 à 0,7, entre les profondeurs 6^m et 30^m d'eau). Le coefficient d'absorption dans l'air ou le sol, obtenu par comparaison de ses valeurs en diverses stations, est sensiblement le même, c'est-à-dire que l'absorption de ce rayonnement D est massique.

Le second, M, est mou et son coefficient dans le plomb est 35.10^{-3} cm²/g. Il disparaît pratiquement après 6^{cm} de plomb. La comparaison en différentes stations, donne au contraire pour coefficient de décroissances dans l'air ou dans le sol (éléments légers) la valeur 5.10^{-3} cm²/g (coefficient voisin du coefficient « mou » de Regener). Cette différence de décroissance avec celle de D, fait que la proportion D/M qui atteint 1,5 à l'altitude de 3500^m (Jungfraujoch) s'élève jusqu'à 15 sous 8^m de sol.

4. Il est intéressant de joindre à ces données celles qui résultent de l'étude des gerbes, par la méthode de Rossi (compteurs en berceau) ([2]). On en déduit la présence dans toutes les stations, d'un rayonnement producteur de gerbes, absorbé dans ce plomb avec le coefficient 35.10^{-3} cm²/g, et

---

([1]) En cours de publication.

([2]) Voir P. Auger et Leprince Ringuet, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 785.

dont l'intensité décroît avec l'altitude sensiblement comme celle de M, c'est-à-dire avec le coefficient 5.10^{-3} cm^2/g depuis la profondeur 6^m d'eau sous le plafond d'atmosphère (Jungfraujoch) jusqu'à la profondeur de 30^m d'eau. Deux types d'interprétation de cet ensemble sont possibles.

1° On considère le groupe M comme secondaire et formé entièrement de corpuscules de faible énergie. Dans ce cas, il ne peut être question de considérer le groupe D comme sa cause unique, à cause des différences de décroissance signalées, et la proportion la plus élevée qu'il peut y avoir entre D et la partie de M qui lui est secondaire est 15 : 1, proportion que l'on rencontre sous l'écran, air et sol, équivalent à 30^m d'eau. Pour le reste, c'est-à-dire la presque totalité en haute altitude, le groupe M (et les gerbes) doivent être secondaires d'un autre rayonnement non corpusculaire (photons) dont le coefficient serait 5.10^{-3} dans l'air. La plus grande difficulté de cette théorie réside dans ce fait qu'à haute altitude la décroissance équatoriale due à l'action du champ magnétique terrestre est très marquée (30 pour 100) et comme le groupe M forme alors au moins 30 pour 100 du rayonnement total, il serait difficile de le considérer comme insensible à ce champ comme doit l'être un rayonnement secondaire provenant de photons.

2° On considère le groupe M comme formé en partie de rayons corpusculaires de grande énergie, c'est-à-dire primaires, et n'ayant pas été éliminés par le champ terrestre, le reste étant formé de corpuscules de faible énergie, gerbes et secondaires. Ce groupe diffère du groupe D soit par sa nature (protons et électrons ?) soit par l'ordre de grandeur de son énergie, et il est absorbé en majeure partie par des effets de freinage sur les noyaux, par conséquent avec un coefficient plus élevé dans les écrans à numéro atomique élevé. Ceci explique les deux coefficients dans le plomb et dans l'air ou l'eau. Ce rayonnement serait ainsi à l'origine des gerbes, au moins de celles qui présentent un maximum sous 2^{cm} de plomb.

A l'appui de cette hypothèse je cite une expérience [1] dans laquelle, au-dessus de l'appareil à gerbes, était disposé un écran de 2^{cm} de plomb, ce qui réduit à moitié le maximum de gerbes ; en interposant ensuite entre cet écran et l'appareil à gerbes une masse de charbon de 60^{cm} d'épaisseur, le maximum de gerbes restait inchangé. Ce qui montre que les rayons gerbigènes étaient définitivement réduits de moitié par le plomb et ne se reconstituent pas ensuite, dans un élément léger, à partir d'un parent corpusculaire plus pénétrant.

Il semble aussi qu'il faille admettre pour le groupe D un type d'absorp-

[1] P. Auger et Rosenberg, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 447.

tion nucléaire donnant peut-être des effets secondaires d'un type différent des gerbes produites par M.

5. En conclusion, l'hypothèse d'un seul type de rayons cosmiques primaires ne permet pas de rendre compte jusqu'ici de l'ensemble des faits expérimentaux. Il faut invoquer l'existence de plusieurs rayonnements primaires, qui pourraient être ces deux rayonnements corpusculaires D et M, présentant en plus de l'absorption massique commune une absorption nucléaire d'importance très différente.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Viscosité des solutions très diluées de nitrocellulose dans le mélange éther-alcool.* Note (1) de M. **Jean Grévy.**

Nous avons étudié la viscosité des solutions très diluées de nitrocellulose dans le mélange éther-alcool afin d'examiner si les vues générales de Staudinger (2) sur la viscosité des solutions colloïdales se trouveraient vérifiées dans ce cas particulier.

Considérant des solutions très diluées, Staudinger annonce en effet que la viscosité spécifique η_{sp} d'une solution colloïdale est indépendante du solvant et proportionnelle à la concentration. η_{sp} est défini par la relation

$$\eta_{sp} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0},$$

dans laquelle η est la viscosité de la solution colloïdale et η_0 la viscosité du solvant pur.

Mme Dobry (3) a vérifié récemment cette loi pour des solutions de nitrocellulose dans des solvants variés. Il nous a paru intéressant d'étudier à faible concentration les propriétés dissolvantes du mélange éther-alcool qui est l'un des plus importants et qui possède des propriétés particulières encore difficiles à interpréter.

On sait en effet qu'aux grandes et moyennes concentrations en nitrocellulose le mélange, qui contient 35 pour 100 d'alcool et 65 pour 100 d'éther environ en poids, conduit à des collodions de viscosité minimum et que la courbe qui représente la viscosité des solutions en fonction de la concen-

(1) Séance du 18 février 1935.

(2) *Die hochmolecularen organischen Verbindungen*, p. 52.

(3) *Journ. Ch. Ph.*, 31, 1934, p. 568.

tration a une allure exponentielle. Ces propriétés particulières ne se retrouveraient donc pas à faible concentration.

Nos essais ont porté sur un coton-poudre industriel du type CP_2, non stabilisé. L'alcool employé avait un titre pondéral de 99,3, l'éther était pur et sec. Les viscosités ont été mesurées avec un appareil à capillaire du type Baume.

Nous avons d'abord déterminé l'ordre de grandeur de la dilution à laquelle il convenait d'opérer pour être dans la zone où les viscosités spécifiques sont proportionnelles aux concentrations; une concentration convenable paraît être de $0^g,3$ par litre. A des concentrations de $0^g,6$, l'écart avec la loi de proportionnalité est de l'ordre de 3 pour 100; puis cet écart augmente rapidement; il est de 12 pour 100 à 1^g par litre et atteint 100 pour 100 à des concentrations de 5^g par litre.

On n'aurait pas intérêt à opérer sur des solutions encore plus diluées, car les erreurs relatives sur $\eta - \eta_0$ deviendraient exccessives.

Le tableau suivant indique les viscosités spécifiques de divers collodions de concentration $0^g,3$ par litre lorsque la composition du solvant éther-alcool varie :

	Alcool pour 100 dans le solvant en poids.									
	18,3.	19,7.	19,8.	25,2.	34,3.	39,9.	49.	59,7.	79,1.	90,1.
Visc. spéc.	0,111	0,123	0,116	0,138	0,132	0,128	0,140	0,135	0,138	0,139

On voit que la viscosité spécifique ne varie que fort peu, alors que la composition du solvant varie dans de larges limites, entre 20 et 90 pour 100 d'alcool. Les écarts par rapport au chiffre moyen de 0,135 ne dépassent pas l'ordre de grandeur des erreurs de mesure possibles, celle-ci pouvant atteindre 5 pour 100.

Si l'on considère des mélanges à moins de 20 pour 100 d'alcool, la viscosité spécifique s'écarte un peu plus de sa valeur moyenne, mais elle reste du même ordre. Enfin un mélange à 10 pour 100 d'alcool ne dissout plus la nitrocellulose, même en aussi faible quantité.

Nous avons suivi pendant un mois l'évolution de la viscosité spécifique de ces collodions. Celle-ci diminue dans des proportions importantes et cette diminution est à peu près proportionnelle au temps durant la période d'observation. De plus l'évolution des divers collodions est inégale, elle paraît maximum lorsque la teneur en alcool du solvant est de 60 pour 100. C'est ainsi que la viscosité spécifique du collodion à 60 pour 100 d'alcool diminue de 0,135 à 0, 073 en un mois alors que les viscosités des collodions à 25 et à 80 pour 100 d'alcool sont encore à même époque 0,110 et 0,102.

Ce résultat doit être rapproché de celui que nous avions constaté dans l'évolution des collodions concentrés (30^g par litre), collodions dont la courbe de viscosité à concentration constante dans des mélanges éther alcool variés présente un minimum pour 35 pour 100 d'alcool. L'évolution était alors maximum pour les faibles teneurs en alcool et sa vitesse diminuait avec le temps.

En résumé, cette étude, que nous poursuivons, paraît révéler des différences fondamentales entre les collodions éther alcool de concentrations moyennes et les collodions de très faible concentration.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Synthèse directe des nitrates aux ultrapressions.* Note de MM. **James Basset** et **Maurice Dodé**, présentée par M. G. Urbain.

L'oxydation directe de l'azote atmosphérique, suivie de sa fixation à l'état de nitrates, est un problème qui a déjà préoccupé un nombre considérable de chimistes, et qui n'a pu être résolu que par l'emploi des très hautes températures réalisées dans l'arc électrique.

Cette fixation est cependant un phénomène que les bactéries du sol réalisent à la température ordinaire, et le privilège que semblent ainsi posséder les organismes vivants fit pendant longtemps penser que le passage de l'azote atmosphérique à l'azote nitrique nécessitait la mise en œuvre d'une énergie supplémentaire empruntée aux substances nutritives. Il est facile de montrer qu'il n'en est rien. Examinons par exemple l'action de l'air sur le carbonate de calcium



$$(I) \qquad 2N^2 + 5O^2 + 2CO^3Ca_s = 2(NO^3)^2Ca_s + 2CO^2 + 27^c \times 2.$$

Dans les conditions normales, c'est-à-dire à la température ordinaire et à l'air libre, la pression partielle de l'anhydride carbonique serait à l'équilibre de 6 atmosphères, valeur près de 20000 fois supérieure à la pression moyenne de ce gaz au niveau du sol.

Étant donné que la répartition des azotobacter dans le sol est liée de façon très étroite à sa basicité et notamment à sa teneur en calcaire [1], il y a tout lieu de supposer que la réaction (I) est effectivement réalisée par ces bactéries, dont le rôle devient tout à fait comparable à celui d'un catalyseur.

---

(1) Molliard, *Nutrition de la plante*, p. 155. Paris, 1925.

Par contre, bien que les réactions de ce type soient extrêmement nombreuses, le gros dégagement gazeux qui accompagne leurs réactions inverses ne les rend possibles qu'à des températures relativement basses, trop basses pour que le frottement chimique ait disparu et aucune n'a jamais pu être effectuée au laboratoire.

Leur réalisation nous ayant paru devoir présenter un certain intérêt théorique, nous avons recherché si l'emploi de très fortes pressions [1] ne compenserait pas suffisamment l'influence néfaste de l'élévation de températures sur la possibilité de ces réactions, pour permettre de sortir de la zone de frottement.

Nous avons effectivement réussi à réaliser la fixation directe de l'azote sur une base, dès la température de 500° centigrades :



$$\text{(II)} \qquad 2N^2 + 5O^2 + 2BaO_s = 2(NO^3)^2Ba_s,$$

prouvant par là même que le frottement chimique est bien le seul responsable des grands moyens auxquels l'homme a dû avoir recours pour obtenir la fixation directe de l'azote à l'état de nitrates.

A 500°, la réaction est d'ailleurs très lente, mais vers 800 à 900°, sous 1200^{kg} d'oxygène et 2400^{kg} d'azote, la transformation en nitrates d'une base telle que la baryte ou la potasse peut être considérée comme intégrale, après 2 à 3 heures de chauffage.

Nos essais ont porté sur trois bases différentes : le bioxyde de barium, le bioxyde de barium potassé et la chaux [2], tous trois absolument exempts de nitrates (réaction négative à la diphénylamine). Les expériences furent effectuées dans des mélanges d'azote et d'oxygène à 33 pour 100 d'oxygène, sous une pression totale de 3600^{kg}. Durée du chauffage : 2 heures.

Le calcul préalable des pressions minima permettant d'espérer la formation du nitrate dans de telles conditions montre qu'il doit être possible de chauffer jusque vers 900° pour la chaux, 1100° pour la baryte et 1200° pour la potasse.

La base (environ 0^{g},5) était contenue dans une gaine en or, matière résistant le mieux à l'oxydation en milieu alcalin; cependant, dès que l'on

---

[1] JAMES BASSET, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 928 et 195, 1932, p. 1242.

[2] Sous l'influence de la forte pression d'oxygène, toutes ces bases anhydres sont transformées en leurs bioxydes; dans le cas du Ba, la préparation du bioxyde étant beaucoup plus facile que celle de BaO, nous nous sommes adressés directement à ce composé.

dépasse 700°, l'or lui-même est attaqué et il se forme des quantités assez importantes d'aurate de baryum, d'un beau bleu verdâtre; la réation étant alors accompagnée de la fusion de la matière, une bonne partie de la base échappe à l'action des gaz par suite de l'attaque des parois du four (tube de silice). Il en résulte que nous n'avons jamais pu observer la transformation intégrale en nitrate de la base introduite. Les rendements indiqués dans le tableau ci-dessous, où sont rassemblés nos principaux résultats, sont calculés à partir de la quantité de matière restant dans la gaîne d'or et sont probablement entachés d'une assez forte erreur. Le dosage de l'azote fixé était effectué colorimétriquement par transformation en nitrophénate d'ammonium, réaction tout à fait spécifique des nitrates.

Températures centigrades.	Nitrates formés en tout [1]) (en mg).			Nitrates trouvés à l'intérieur de l'or (en mg).			Matières restant à l'intérieur de l'or (en mg).			Rendements de la réaction en 2 heures (en pour 100).		
	Ca O.	Ba O.	Ba O, KOH.	Ca O.	Ba O.	Ba O, KOH.	Ca O.	Ba O.	Ba O, KOH.	Ca O.	Ba O.	Ba O, KOH.
500......	–	0,3	0,6	–	0,3	0,6	–	497	458	–	0,03	0,07
600......	0,4	1,5	1,5	0,4	1,5	1,5	503	410	510	0,04	0,25	0,16
700......	1,1	2,0	6,5	1,1	2,0	4,5	495	488	122	0,10	0,27	2
800......	27,5	36,0	15,0	26,4	25,6	2,5	472	61	?	2,5	31	?
900......	–	11,5	85,8	–	7,4	65,0	–	?	96	–	?	53

Nous voyons donc que, vers 800° à 900°, la transformation en nitrates de la baryte et de la potasse s'effectue avec d'excellents rendements; les chiffres que nous obtenons sont en effet très probablement trop faibles, car les nitrates adhérents à la feuille d'or sont toujours plus ou moins enrobés d'aurates; nous croyons pouvoir considérer ces réactions comme sensiblement quantitatives.

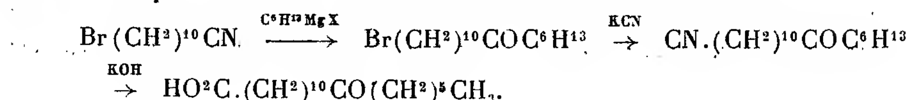
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse de l'acide ricinique (acide céto-12-stéarique).* Note de M. **René Perrotte**, présentée par M. G. Urbain.

J'ai montré ([2]) que l'acide ricinique trouvé par Krafft dans le résidu de la distillation sèche du ricinoléate de baryum était l'acide céto-12-stéarique dont j'ai indiqué un mode de préparation.

([1]) C'est-à-dire en tenant compte du nitrate qui a coulé en dehors de la gaîne d'or.

([2]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 358.

En vue d'établir plus nettement la formule de ce composé, j'ai fait la synthèse de l'acide céto-12-stéarique par le processus suivant :



$$Br(CH^2)^{10}CN \xrightarrow{C^6H^{13}MgX} Br(CH^2)^{10}COC^6H^{13} \xrightarrow{KCN} CN.(CH^2)^{10}COC^6H^{13}$$

$$\xrightarrow{KOH} HO^2C.(CH^2)^{10}CO(CH^2)^5CH_3.$$

1° *Bromo-11-indécanénitrile-1.* — L'acide bromo-11-indécanoïque-1 préparé (¹) par action d'HBr gazeux à 0° sur l'acide indécylénique en solution dans l'éther de pétrole purifié, est ensuite transformé successivement en chlorure d'acide, en amide (F. 88°,5), et en nitrile (Eb. 150° sous $2^{mm},5$) (²). Tous ces corps ont déjà été décrits.

2° *Bromo-17-heptadécanone-7.* — Ce composé a été obtenu par l'action du bromure d'hexylmagnésium sur le bromo-11-undecane nitrile-1.

150^{cm^3} d'une solution étherée de bromure d'hexylmagnésium préalablement titrée à l'iode (méthode de Job) sont ajoutés à la quantité correspondante ($12^g,5$) de bromo-11-undécanénitrile-1 dissous dans 20^{cm^3} d'éther anhydre. Après 12 heures de chauffage, la solution est versée dans 400^{cm^3} d'eau contenant NH^4Cl et décantée. Après distillation de l'éther, le produit obtenu est agité avec une solution d'acide chlorhydrique diluée et chaude. Après refroidissement la cétone obtenue est essorée sur plaque poreuse. Rendement 9^g.

PF = 30-31°, Br trouvé, 24,15 pour 100; calculé, 24 pour 100.

3° *Octo décanone-12-nitrile-1. Nitrile ricinique.* — Il a été obtenu par action de KCN sur la bromo-17-heptadecanone-7.

$16^g,5$ de bromo-17-heptadécanone-7 dissous dans 50^{cm^3} d'alcool sont chauffés 12 heures en présence de $6^g,5$ de CNK pulvérisé. Après lavage le produit obtenu est distillé dans le vide, puis recristallisé dans l'éther de pétrole.

PF = 38-39°; Eb. 205° sous $1^{mm},2$ ou 208° sous $1^{mm},5$; N trouvé, 4,96; calculé, 5,02.

4° *Acide céto-12-stéarique (ricinique).* — La saponification du nitrile par la potasse alcoolique à l'ébullition donne l'acide correspondant, produit fondant à 81°-81°,5 après recristallisation dans l'éther.

5° *Cétostéarate de méthyle* chauffé avec un excès d'alcool méthylique contenant 1 pour 100 d'HCl, l'acide donne un éther cristallisant par refroidissement de la solution alcoolique et fondant à 44°,5.

(¹) FLASCHENTRÄGER, *Zeit. physiol. Ch.* **192**, 1930, p. 245.; R. ASHTON et J. C. SMITH, *Journ. of Ch. Soc. London*, **136**, 1934, p. 439.

(²) P. TRUNEL, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 453.

L'acide céto-12-stéarique obtenu par cette méthode a le même point de fusion que l'acide ricinique préparé suivant le procédé de Krafft et que celui que j'ai antérieurement décrit. La même similitude se présente pour leurs éthers méthyliques. Ce qui me permet de conclure à l'identité de ces trois produits.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshalogénation de chlorhydrines cyclaniques avec raccourcissement de cycle.* Note de MM. **Marcel Godchot**, **Max Mousseron** et **Robert Granger**, présentée par M. M. Delépine.

Nous avons indiqué [1] que l'action de l'acide nitreux sur certains 2-aminocyclanols fournissait des aldéhydes par élimination d'ammoniaque et raccourcissement du cycle. Il nous a paru intéressant d'étudier également l'action de l'eau dans certaines conditions, sur quelques chlorhydrines cyclaniques en C^5, C^6, C^7 et C^8.

A. *Chlorocyclopentanols* 1.2. — Si l'on examine le produit brut de l'action d'acide hypochloreux sur le cyclopentène, on constate que par fractionnement à l'aide d'une colonne de rectification très sélective, on peut isoler deux chlorhydrines; l'une A, en petite quantité, passant en tête de distillation ($Eb_{15} = 44°$) qu'il nous a été impossible d'obtenir très pure et représentant probablement le dérivé *cis*, souillé d'une faible proportion de dichlorocyclopentane 1.2, l'autre B constituée par la chlorhydrine *trans* ($Eb_{15} = 84°$; $d_{16} = 1.174$; $n_D^{16} = 1.4832$; R. M. trouvée $= 29,32$, R. M. calculée $= 29,48$).

Par ébullition vers 90° en milieu hydroalcoolique à 25 pour 100 d'alcool, cette dernière chlorhydrine se transforme rapidement et en totalité en *trans* cyclopentane diol 1.2, tandis que la première A reste inaltérée.

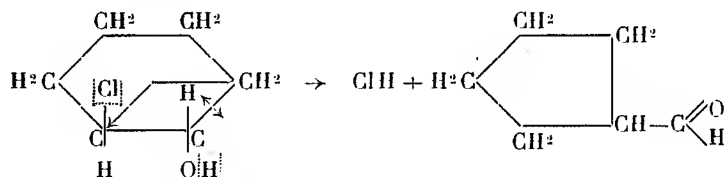
B. *Chlorocyclohexanols*-1.2 et *méthyl*-1-*chloro*-4-*cyclohexanols*-3. — L'action de l'acide hypochloreux sur le cyclohexène conduit à un mélange des deux chlorhydrines stéréoisomères susceptibles d'être isolées par distillation fractionnée; l'une, *cis*, liquide et peu abondante, tout récemment préparée par Bartlett [2] dans l'action réductrice de certains organomagnésiens sur la 2-chlorocyclohexanone ($Eb_{15} = 76°$; $d_{16} = 1,150$; $n_D^{16} = 1,4860$; R. M. trouvée $= 33,42$; R. M. calculée $34,10$; l'autre

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2000.

[2] *Journ. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 224.

trans solide, déjà connue (¹) ($Eb_{15} = 87°$; $F = 29°$; $d_{16} = 1,146$; $n_D^{16} = 1,4850$ (en surfusion).

Par ébullition à 90° dans un milieu hydroalcoolique, la chlorhydrine liquide n'est pas sensiblement altérée, tandis que l'isomère solide fournit lentement du trans cyclohexanediol-1.2 et de l'aldéhyde cyclopentanique (semicarbazone, F. = 123-124°); le rendement en aldéhyde est plus élevé si l'on opère en milieu sulfurique à 5 pour 100 ou en présence d'une solution concentrée de chlorure de calcium



Ce raccourcissement du cycle de C^6 en C^5 est à rapprocher de celui signalé autrefois par Tiffeneau (²) dans le traitement de l'iodocyclohexanol-1.2 par le nitrate d'argent, et plus récemment par Tiffeneau et Mlle Tchoubar (³) dans la déshydratation du trans cyclohexanediol-1.2 par O^3Al^2 à 250-300°.

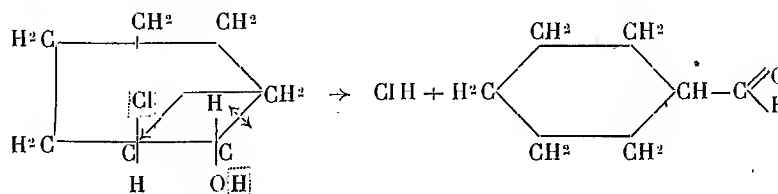
L'acide hypochloreux agissant sur le 1-méthyl-Δ_3-cyclohexène donne également un mélange de quatre chlorhydrines isomères dont a pu isoler par distillation deux stéréoisomères à l'état pur, déjà entrevus par M. Godchot et P. Bedos (⁴); l'un bouillant à 79° sous 16^{mm}, l'autre à 101-102° sous la même pression. Vis-à-vis de l'eau à 90°, la première ne semble pas se modifier, tandis que la deuxième se transforme partiellement en trans 1-méthyl-cyclohexanediol-3.4 (F. = 63°) et en aldéhyde 1-méthyl-3-cyclopentyl formique (semicarbazone, F. = 133°).

C. *Chlorocycloheptanol*-1.2. — Bien que l'acide hypochloreux puisse donner naissance à deux chlorhydrines du cycloheptène, la quantité de carbure mis en œuvre n'a permis d'isoler avec certitude qu'une seule d'entre elles (⁵) ($Eb_{16} = 98°$; $d_{19} = 1,1351$; $n_D^{19} = 1,4948$). Chauffée en milieu hydroalcoolique, cette chlorhydrine se transforme complètement en

---

(¹) M. Godchot, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 448.
(²) *Comptes rendus*, **159**, 1914, p. 771.
(³) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1624.
(⁴) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 1184.
(⁵) M. Godchot et Mlle Cauquil, *Comptes rendus*, **186**, 1928, p. 375.

aldéhyde cyclohexylformique (semicarbazone, F. = 167-168°) :

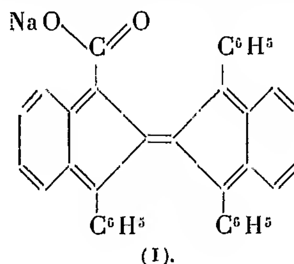


D. *Chlorocyclooctanol* 1.2. — Le composé, obtenu par action de ClOH sur le cyclooctène ([1]) ($Eb_{20} = 128$-130°), est chauffé longuement avec de l'eau alcoolique à 90°; il fournit un carbure éthénique, probablement le cyclooctadiène, sans formation ni de glycol, ni d'aldéhyde cycloheptanique.

En résumé, de l'ensemble de ces résultats, on peut conclure que l'action de l'eau en milieu alcoolique vers 90° s'effectue d'une façon toute différente sur les chlorhydrines cis et trans; les premières restent inaltérées, alors que les secondes en C^6 et C^7 à configuration trans conduisent aux aldéhydes avec raccourcissement de cycle (élimination transversale de ClH); quant au chlorocyclopentanol 1.2 trans il fournit par arrachement d'acide chlorhydrique le trans cyclopentanediol 1.2 sans changement de structure; on peut rapprocher ces faits de ceux déjà signalés dans l'action des organomagnésiens sur les chlorhydrines ([2]), et dans la désamination des aminocyclanols 1.2.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxydes organiques dissociables. La photooxydation du triphényl-*1.1'.3'*-rubène carboxylate de sodium-*3. Note de M. **Marius Badoche**, présentée par M. M. Delépine.

Lorsqu'on expose à la lumière solaire, en vase ouvert, une solution alcoolique de triphényl-1.1'.3'-carboxy-3-rubène alcalin (I),



(I).

([1]) M. Mousseron, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 802.
([2]) M. Godchot, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 1153.

on observe une décoloration rapide de la solution, en quelques heures. Dans les mêmes conditions, l'acide $C^{36}H^{23}.CO^2H$, possède une sensibilité moins grande, environ 20 fois moindre, probablement à cause de sa très faible solubilité, ce qui rend aussi les essais moins faciles. C'est donc la photooxydation du sel de sodium, $C^{36}H^{23}.CO^2Na$, laquelle est rapide, qui fait surtout l'objet de la présente étude.

Son produit d'oxydation est moins simple que celui obtenu avec la plupart des dérivés rubéniques décrits jusqu'ici. Déjà au cours de l'irradiation, le sel abandonne un produit cristallisé incolore, lequel s'est montré par la suite extrêmement résistant à la chaleur jusqu'au delà de 300°. Quant à l'ensemble du résidu, provenant de la solution décolorée puis évaporée à sec à basse température, 30 à 40°, il forme un conglomérat légèrement teinté en jaune, présentant à l'examen microscopique des formes cristallines différentes, lesquelles diffèrent également par leurs points de fusion. Ces substances sont en cours d'études.

La complexité de la réaction photochimique était évidemment peu favorable à l'obtention, avec de bons rendements, d'un oxyde dissociable, c'est ce que j'ai vérifié. Voici les résultats fournis par une des expériences :

$0^g,1270$ de substance, constituée par l'ensemble des produits issus de la photooxydation, ont été chauffés progressivement dans le vide poussé de la trompe à mercure, le dégagement gazeux se produit en deux fois, d'abord vers 110°-130°, puis aux environs de 180°-190°. Le gaz recueilli, $1^{cm^3},30$ à 22° et à 760^{mm}, avait la composition suivante :

	cm³
Gaz absorbé par la potasse	1
Gaz absorbé par l'hydrosulfite de sodium	0,20
Gaz absorbé par le chlorure cuivreux ammoniacal	0
Gaz résiduel	0,10

Le mélange gazeux, riche en CO^2 près de 77 pour 100, ne renferme que 15 pour 100 d'oxygène. Quant à la composition du gaz recueilli à basse température, elle est à peu près identique à celle du gaz libéré à 180°.

De toute façon, la proportion d'oxygène libéré est faible, elle ne représente que 3,7 à 6 pour 100, suivant les essais, de ce que l'on pourrait attendre s'il s'était formé l'oxyde dissociable $C^{36}H^{23}.CO^2Na[O^2]$ et même un essai n'a donné que du gaz carbonique sans oxygène. Mais là où il y a eu libération d'oxygène, il y a eu simultanément formation, dans les produits issus du chauffage, d'acide $C^{36}H^{23}.CO^2H$, en très petites quantités, il est vrai, néanmoins facile à séparer à cause de sa faible solubilité. Son point de fusion, sa solubilité dans la soude alcoolique, ainsi que les

bandes d'absorption de cette solution, ont permis de l'identifier avec l'acide rubénique.

Dans les mêmes conditions de chauffage, le sel de départ, $C^{36}H^{23}.CO^2Na$, tout comme l'acide lui-même, sont très stables; la quantité de CO^2 recueilli n'excède pas 2 pour 100 de la quantité calculée pour la libération totale du groupement carboxylique.

Bien que l'oxygène fasse presque complètement défaut dans les produits de dissociation par la chaleur, la réaction photochimique du sel rubénique ne se produit pas moins avec absorption d'oxygène. La vérification en a été faite en tube manométrique sur la cuve à mercure et en présence d'oxygène. Une expérience a fourni les résultats suivants :

$C^{36}H^{23}.CO^2Na$, $0^g,4517$; alcool éthylique, 60^{cm^3}; pression avant insolation, 758^{mm} à $16^o,5$, correspondant à un volume de $21^{cm^3},04$ à 0° et à 760^{mm}; pression après insolation, 446^{mm} à $16^o,5$ correspondant à un volume de $8^{cm^3},37$ à 0° et à 760^{mm}; volume d'oxygène absorbé, $12^{cm^3},67$; calculé pour la formation de $C^{36}H^{23}.CO^2Na[O^2]$, $19^{cm^3},38$.

Afin d'éliminer l'influence de l'oxygène sur le solvant, chaque essai était accompagné d'un tube témoin, traité de façon identique. Quant au gaz résiduel, il ne contenait ni gaz carbonique, ni oxyde de carbone.

De nouvelles expériences répétées tant sur le sel que sur l'acide ont fourni des résultats identiques : la vitesse de décoloration est liée à celle de l'absorption de l'oxygène; la proportion d'oxygène absorbé correspond à une valeur intermédiaire entre 1^{at} et 1^{mol} de O^2 pour 1^{mol} de sel.

De plus, l'absorption de l'oxygène est bien subordonnée à l'action de la lumière, c'est ainsi qu'on a laissé à l'obscurité pendant 44 mois une solution alcoolique de sel en présence d'oxygène sans observer de changement sensible dans la coloration de la solution et dans le volume d'oxygène. L'analyse du gaz résiduel, la récupération du sel montrent que les deux substances se retrouvent intactes au bout de cette longue durée.

Tandis que l'estérification du groupement acide conduit ainsi que je l'ai déjà démontré (1) à l'obtention d'un oxyde dissociable dans la proportion de 40 pour 100, la salification n'aboutit qu'à la formation de petite quantité de produit dissociable avec libération d'oxygène. Ce rendement aussi faible est dû vraisemblablement à la nature instable de l'oxyde dissociable qui doit évoluer, sous l'influence des radiations solaires, en des formes stables. Les traces d'oxyde finalement retrouvées à la dissociation ther-

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1515.

mique ne représenteraient que les dernières parties de l'oxyde, formées en fin de photooxydation, et qui auraient échappées à l'action prolongée des radiations.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des cétones α-chlorées.* Note de M. **Georges Richard**, présentée par M. M. Delépine.

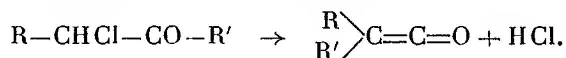
M. Kirrmann a montré (1) que les réactions anormales des aldéhydes α-bromés pouvaient s'expliquer par formation intermédiaire de cétènes qui fixeraient ensuite le réactif mis en jeu. Ces cétènes se formeraient par départ d'une molécule d'hydracide aux dépens de l'halogène et de l'hydrogène aldéhydique



$$R-CHBr-CHO \rightarrow R-CH{=}C{=}O + HBr.$$

Cette hypothèse explique l'anomalie des réactions des magnésiens, des zinciques et de la réaction de Friedel et Crafts.

Telle quelle, la théorie de M. Kirrmann ne saurait s'appliquer aux cétones α-chlorées, qui, elles, ne possèdent pas d'hydrogène aldéhydique. Or j'ai montré (2) que la formation intermédiaire d'un cétène semblait indispensable pour expliquer le passage du chloro-1-diphényl-1.2-éthanal à l'acide diphénylacétique en présence de potasse. Ici le cétène se formerait par départ d'hydrogène et de chlore pris au même atome de carbone, puis réarrangement du radical bivalent instable formé :



$$R-CHCl-CO-R' \rightarrow {}^{R}_{R'}\!\!>C{=}C{=}O + HCl.$$

Ce même mécanisme peut être envisagé pour la formation de cétènes dans les aldéhydes α-bromés de M. Kirrmann. Ici la migration sélective de l'hydrogène masquerait la complexité du mécanisme de la réaction.

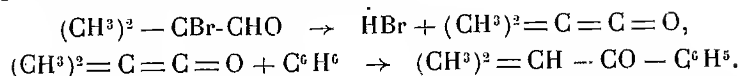
Mais Franke a montré (3) que l'aldéhyde isobutyrique α-bromé $(CH^3)^2.CBr.CHO$ donnait avec le benzène, en présence de chlorure d'aluminium, non pas une aldéhyde, mais une cétone nucléaire : ce résultat s'explique fort bien en admettant le passage intermédiaire par le diméthyl-

(1) *Annales de Chimie*, 10e série, **11**, 1929, p. 223.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1432.

(3) *Mon. f. Chem.*, **33**, 1912, p. 1235.

cétène, qui s'unirait ensuite au benzène :



$$(CH^3)^2 - CBr\text{-}CHO \rightarrow HBr + (CH^3)^2 = C = C = O,$$
$$(CH^3)^2 = C = C = O + C^6H^6 \rightarrow (CH^3)^2 = CH - CO - C^6H^5.$$

Ici, seul, le mécanisme de M. Kirrmann peut être envisagé, il faut donc voir deux modes de formation possibles du cétène intermédiaire.

J'ai donc fait agir le benzène en grand excès, en présence de chlorure d'aluminium, sur un certain nombre de cétones α-chlorées que je possédais :

1° *Chloro-1-phényl-1-propane-one-2*. $C^6H^5.CHCl.CO.CH^3$. (Sa préparation a fait l'objet d'une Note précédente). Il a conduit à un corps solide fondant à 61°, qui est la *diphényl-1-1-propane-one-2*-$(C^6H^5)^2CH.CO.CH^3$, f. = 61° [1]. Par action d'hydroxylamine et de chlorhydrate de semi-carbazide, j'ai préparé respectivement l'oxime, f. = 164°,5, et la semi-carbazone, f. = 160°, de la diphényl-1-1-propane-one-2.

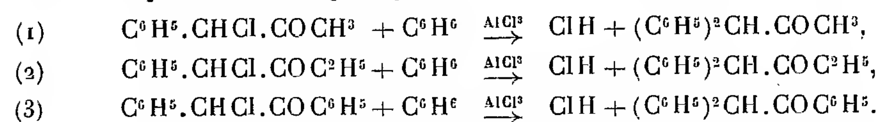
2° *Chloro-1-phényl-1-butane-one-2*-$C^6H^5.CHCl.COC^2H^5$. (Préparée par action du chlorure de sulfuryle sur la phényl-1-butane-one-2 et dont voici les constantes :

Eb. sous 10^{mm} : 117°,5-118°,5, $n_D^{21} = 1,52821$, $d_4^{21} = 1,1251$.

La réaction de Friedel et Crafts a conduit à une huile qui par action du chlorhydrate de semicarbazide m'a fourni une semicarbazone fondant à 191°-192°, dont la saponification a régénéré un solide fondant à 32°, que j'ai identifié avec la *diphényl-1-1-butane-one-2* : $(C^6H^5)^2.CO.C^2H^5$ dont la semicarbazone fond à 191°.

3° *Le chloro-1-diphényl-1-2-éthanal* : $C^6H^5.CHCl.COC^6H^5$. Ici la réaction de Friedel et Crafts a fourni une cétone fondant à 137°, corps dont l'oxime fond à 182°, c'est le *triphényl-1-1-2-éthanal* : $(C^6H^5)^2CH.CO.C^6H^5$, corps connu ainsi que son oxime.

Les deux premiers cas examinés montrent que la réaction de Friedel et Crafts sur les cétones α-chlorées conduit au remplacement pur et simple du chlore par le radical phényle.



(1) $C^6H^5.CHCl.COCH^3 + C^6H^6 \xrightarrow{AlCl^3} ClH + (C^6H^5)^2CH.COCH^3,$

(2) $C^6H^5.CHCl.COC^2H^5 + C^6H^6 \xrightarrow{AlCl^3} ClH + (C^6H^5)^2CH.COC^2H^5,$

(3) $C^6H^5.CHCl.COC^6H^5 + C^6H^6 \xrightarrow{AlCl^3} ClH + (C^6H^5)^2CH.COC^6H^5.$

Or, dans les deux premiers cas, le passage par un cétène aurait donné le diphényl-1-2-propanal-1 : $CH^3 - CH(C^6H^5) - CO - C^6H^5$ et le

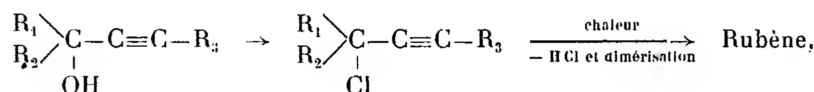
(1) STOERMER, *Ber. der chem. Ges.*, 39, 1906, p. 2302.

diphényl-1-2-butanal-1 : $CH^3 - CH^2 - CH(C^6H^5) - CO - C^6H^5$, corps très différents de ceux obtenus. (Dans le troisième cas, la formation de cétène intermédiaire conduirait au même corps.)

Il en résulte que l'anomalie de la réaction de Friedel et Crafts, signalée par Francke, n'est pas une propriété générale des carbonyles α-halogénés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'obtention d'hydrocarbures colorés du type rubène.* Note de M. **Antoine Willemart**, présentée par M. M. Delépine.

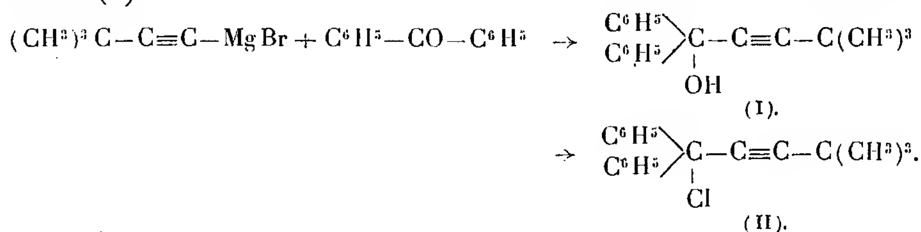
Dans une Note [1] concernant l'influence de la nature des radicaux R_1, R_2 et R_3 sur la possibilité d'obtention de rubène, d'aprés la suite des réactions



nous avons constaté que l'introduction d'un groupement tertiobutyle en R_2 n'était pas favorable : en effet, l'éther chlorhydrique du phényl-tertiobutyl-phényléthynyl-carbinol n'a pas tendance à perdre par la chaleur de l'acide chlorhydrique pour former un hydrocarbure coloré du type rubène.

Il restait à voir si l'introduction du radical tertiobutyle en R_3 ne conduirait pas au résultat cherché, car, d'après des études antérieures, il a été possible d'obtenir un rubène avec un groupement naphtyle, quand celui-ci était en R_3, mais non en R_2 [2].

Nous avons préparé le diphényl-tertiobutyl-phényléthynyl-carbinol (I) par l'action du bromure de tertiobutylacétylène-magnésium sur la benzophénone [3]



[1] A. Willemart, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 561.

[2] A. Willemart, *Ann. de Chim.*, 10e série, 12, 1929, p. 345. Il faut pourtant noter qu'en R_2 on a mis un α-naphtyle et en R_3 un β-naphtyle.

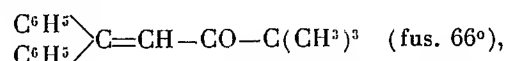
[3] P. L. Salsberg et C. S. Marvel, *Journ. Am. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 2840.

Traité par le trichlorure de phosphore, ce carbinol donne l'éther chlorhydrique correspondant $C^{19}H^{19}Cl$ (II), sous forme d'aiguilles incolores fondant à 53°-54° (bloc).

Cet éther chlorhydrique s'est montré assez stable à la chaleur, pouvant même être distillé sous pression normale et recristalliser identique à lui-même. Il n'avait donc aucune tendance à perdre de l'hydracide pour donner un hydrocarbure coloré du type rubène suivant le mode opératoire habituel.

Bien que nous n'ayons pas pu obtenir la transformation de l'éther chlorhydrique en carbinol initial, nous pensons qu'il n'avait pas subi de migrations intramoléculaires et que, par conséquent, il avait bien la configuration indiquée.

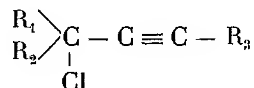
En effet la même cétone éthylénique jaune, le diphényl-triméthylacétyléthylène, $C^{19}H^{20}O$, soit



a été obtenue, comme dans toutes les séries analogues ([1]), aussi bien à partir du carbinol que son éther chlorhydrique. Cette cétone aurait été obtenue antérieurement par une toute autre méthode à partir du bromo-4-diméthyl-2-2-diphényl-5-5-pentanone-3 ([2]).

Nous avons d'ailleurs contrôlé la structure du carbinol et de la cétone éthylénique par une scission oxydante chromique. Dans les deux cas, la coupure de la molécule se fait sur le carbone portant les phényles géminés et donne, avec un rendement de 80-85 pour 100, de la benzophénone (caractérisée par le point de fusion de son oxime 140°-141°). Le reste de la molécule devait donner de l'acide triméthylacétique $(CH^3)^3C-CO^2H$, qui, faute de quantité suffisante, n'a été identifié que par son odeur butyrique et par un essai de précipitation de son sel de cuivre cristallisable dans l'alcool ([3]).

Il semble que l'on puisse conclure, d'après les résultats connus jusqu'à présent, que l'introduction d'un seul radical hydrocarboné aliphatique dans une molécule du genre



([1]) A. Willemart, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1172.

([2]) Kohler, *Amer. Chem. Journ.*, 38, 1907, p. 511.

([3]) C. Friedel et R.-D. Silva, *Bull. Soc. Chim.*, 2e série, 19, 1873, p. 193.

ne permet pas d'obtenir, par simple décomposition thermique, un hydrocarbure coloré du type rubène, même dans le cas où ce radical est lié à la molécule par un atome non porteur d'hydrogène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dihydroxy-2.2′-dinaphtylsulfure-1.1′*. Note de MM. **André Wahl** et **Marc Ringeissen**, présentée par M. M. Delépine.

Le dihydroxy-2.2′-dinaphtylsulfure-1.1′ se prépare facilement comme l'a fait connaître l'un de nous [1] par la réaction du monosulfure de sodium sur le chloro-1-hydroxy-2-naphtalène. Ce procédé fournit le produit pur avec un rendement quantitatif.

Notre attention a été attirée par un brevet récent [2], d'après lequel ce sulfure serait transformé, par l'action des amines aromatiques primaires, en composés jouissant à un haut degré du pouvoir *antivieillissant* vis-à-vis du caoutchouc; la réaction indiquée est la suivante


(1) $OH.C^{10}H^{6}—S—C^{10}H^{6}O + 2NH^{2}R = R.NH.C^{10}H^{6}—S—C^{10}H^{6}.NHR + 2H^{2}O$

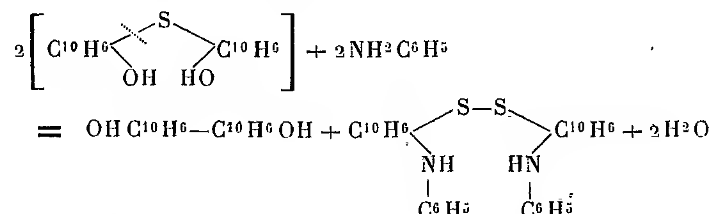
Nous avons utilisé l'aniline, mais nous avons constaté, à notre grande surprise, que le composé ainsi obtenu ne possède ni les propriétés ni la composition données dans ce brevet. La réaction suit un cours entièrement différent.

On chauffe une molécule du sulfure dihydroxylé avec un peu plus de deux molécules d'aniline, dans un appareil à reflux, pendant 6 heures vers 180°-210°. On entraîne l'aniline en excès par un courant de vapeur d'eau et traite le produit restant par de la soude caustique étendue. Le produit solide coloré est purifié par lavage avec une solution de sulfure de sodium 10 pour 100 à ébullition puis par cristallisation dans le toluène. On obtient ainsi des cristaux jaunes brillants fondant à 178° (cor.). Un premier dosage du soufre nous a donné S pour 100 = 11,8 alors que la formule déduite de l'équation (1) demanderait seulement S = 6,84, c'est-à-dire à peu près la moitié. Des essais renouvelés nous ayant conduit au même résultat (S = 12,2; 12,8) nous avons supposé, que la molécule du sulfure avait pu

(1) M. Ringeissen, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2180.

(2) The Rubber Service Laboratories C° à Akron (Ohio). D. R. P. 566552 du 17 décembre 1932.

subir une scission suivie du doublement de chacune des parties. Il se serait alors formé un disulfure à côté de dinaphtol suivant le schéma



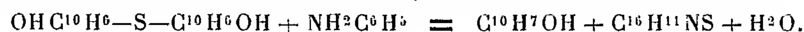
S'il en était ainsi, on devait trouver le dinaphtol dans les solutions alcalines venant du lavage. Or les solutions donnent effectivement, par acidification un volumineux précipité lequel *constitue du β-naphtol* (F. 122°).

Il en résulte que la molécule a bien été scindée comme nous l'avions supposé, mais, apparemment sans doublement des deux tronçons. La détermination du poids moléculaire ainsi que l'analyse élémentaire devaient nous en apporter la confirmation. Le dosage de tous les éléments indique que le corps est exempt d'oxygène et qu'il répond à la formule $C^{16}H^{11}NS$.

Trouvé pour 100 : C, 77,5; H, 4,49; N, 5,73; S, 12,69; total, 100,41; calculé pour $C^{16}H^{11}NS$: 77,11; 4,42; 5,62; 12,85; 100,00.

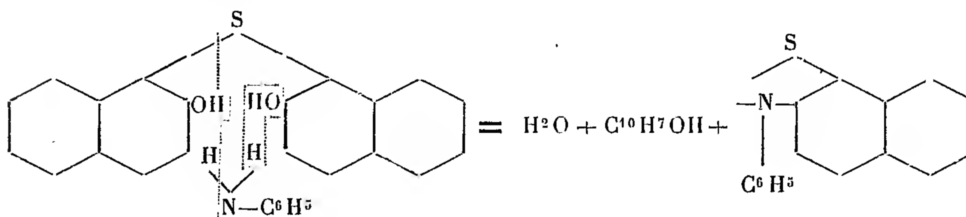
Le poids moléculaire au sein de l'acétique et de la benzine a été trouvé respectivement : $M = 252$ et 247; la formule précédente exige $M = 249$.

Ces résultats rendent compte de la réaction qui doit s'écrire :



$$OH\,C^{10}H^6—S—C^{10}H^6OH + NH^2C^6H^5 = C^{10}H^7OH + C^{16}H^{11}NS + H^2O.$$

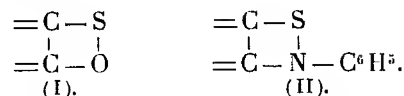
Deux hypothèses peuvent être envisagées suivant la manière dont s'effectuent les liaisons dans la partie sulfurée de la molécule.



On peut admettre que les atomes de soufre et d'azote se saturent pour former un noyau hétérocyclique, analogue azoté (II) du noyau thionylium (I) admis par Lesser et Gad [1], précisément dans des dérivés

[1] *Ber. der d. chem. Ges.*, 21, 1888, p. 2807; 23, 1890, p. 2460.

du dioxydinaphtylsulfure



Mais on peut aussi concevoir la liaison du soufre avec le noyau benzénique de l'aniline, ce qui conduirait à la thiophényl-β-naphtylamine. La thiophényl-β-naphtylamine a été obtenue par Kym [1] par la fusion de la base secondaire avecle soufre, mais elle se prépare plus facilement en ajoutant un catalyseur, en particulier de l'iode Ackermann) [2]. Nous en avons préparé suivant la recette indiquée et avons effectivement constaté que cette thiophényl-β-naphtylamine est bien identique avec le composé sulfuré que nous avons décrit ci-dessus, elle forme comme lui des cristaux jaunes F. 178° (cor.), le mélange ne donne aucune dépression et l'analyse élémentaire conduit aux mêmes chiffres ($C = 77,6$; $H = 4,91$; $N = 5,66$; $S = 12,6$). L'équation suivante rend compte de cette curieuse réaction



$$OH.C^{10}H^{6}-S-C^{10}H^{6}.OH + NH^{2}C^{6}H^{5} = C^{10}H^{7}OH + C^{10}H^{6}\langle{}^{S}_{NH}\rangle C^{6}H^{4} + H^{2}O.$$

Tout nous fait supposer qu'il s'agit d'une réaction générale, que l'un de nous se propose d'étudier.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du nopinène et du pinadiène* 1,5 *à partir du pinène*. Note de MM. **Georges Dupont** et **Witold Zacharewicz**, transmise par M. R. Lespieau.

On sait transformer le nopinène en pinène, soit par l'action des acides faibles [3], soit encore par celle du palladium hydrogéné [4], mais le passage inverse du pinène au nopinène n'a pas encore été réalisé.

Nous avons montré [5] que l'oxydation du pinène par l'anhydride sélénieux donne, comme produit principal, du myrténol et que l'hydrogéna-

---

(1) *Ber. der d. chem. Ges.*, 56, 1923, p. 963.

(2) Ackermann, brevet allemand D. R. P. 222879 et 224348.

(3) Delépine, *Bull. Soc. Chim.*, 35, 1924, p. 1463; 39, 1926, p. 1679; Austerweil, *Bull. Soc. Chim.*, 39, 1926, p. 690-1644.

(4) Richter-Wolff, *Ber. d. chem. Ges.*, 59, 1926, p. 1733.

(5) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1699; 199, 1934, p. 365.

tion de cet alcool conduit, suivant la méthode utilisée, aux myrtanols cis ou trans.

Il était naturel d'essayer de passer de ces myrtanols au nopinène par déshydratation. Nos tentatives dans ce sens ont échoué. Soit par la méthode de Tschugaeff à l'aide des xanthogénates, soit par essai d'enlèvement d'une molécule d'hydracide aux chlorures, bromures ou iodures correspondants, nous n'avons obtenu que des produits à points d'ébullition élevés dans lesquels nous n'avons pu déceler la présence du nopinène.

En revanche, nous avons trouvé que les carbures qui se forment, à côté du myrténol et du myrténal, dans l'oxydation du pinène par SeO^2 comportent presque exclusivement un mélange de nopinène et de pinadiène 1,5.

Pour permettre de séparer ces carbures du pinène en excès, nous avons modifié comme suit la méthode signalée dans notre précédente Note.

Partant de 900^g de pinène, traités, comme il a été dit, par 300^g de SeO^2, on sépare d'abord, par entraînement prolongé à la vapeur et sans dépasser 110°, tout le pinène non transformé (240^g environ) et le peu de myrténol et de myrténal formé (75^g environ).

La combinaison séléniée qui reste dans le ballon, est soumise, vers 150° dans le vide, à une décomposition pyrogénée qui provoque la mise en liberté de sélénium et une abondante distillation de produits condensables. On récolte ainsi 485^g d'un mélange brut qu'une rectification sépare approximativement en deux fractions :

fr. 54- 95° sous 20^{mm} : 170^g = mélange de carbures,

fr. 95-135° sous 20^{mm} : 260^g = mélange de myrténol et de myrténal.

Le mélange de carbures obtenu représente donc 26 pour 100 du pinène transformé.

Le produit obtenu à partir d'un pinène droit pur (d'essence d'Alep) a donné, par distillation, les fractions suivantes

Fractions.	Eb. sous 12^{mm}.	Poids.	α_D^{20}.	n_D^{20}.	d_{20}
1.................	52	52^g	−20,00	1.4859	0,8746
2.................	52-53	49	−18,40	1.4862	0,8749
3.................	53	50	−10,60	1.4858	0,8746
4.................	53	45	− 0,60	1.4840	0,8741
5.................	53,5	45	+ 9,90	1.4820	0,8723
6.................	54-58	25	+12,60	1.4838	0,8715

Pour les produits provenant du pinène gauche (extrait de l'essence de pin maritime) les résultats ont été presque identiques sauf que les pouvoirs rotatoires des fractions correspondantes étaient de signes opposés.

Les fractions 5 et 6 sont du nopinène presque pur [identification à l'aide du spectre Raman, par hydratation sulfurique, qui donne la terpine, et par oxydation à l'état d'acide nopinique : acide droit F = 127°-127°,5; $\alpha|_D = +14°,97$ (alc.); gauche, F = 127°- 127°,5; $|\alpha|_D = -13°,61$ (alc.), acide nopinique racémique F = 130°-130°,5].

Le nopinène obtenu provient bien d'une transformation du pinène initial car, au pinène droit, correspond un nopinène droit et au pinène gauche, un nopinène gauche.

Le constituant dominant des fractions de tête, d'autre part, est un carbure diénique. La composition et la formule de ce corps paraissent découler des essais suivants :

1° L'hydrogénation à fond de la fraction 1 par le noir de platine conduit à l'absorption de 5',395 d'H pour 20g,1 de carbure et donne du *pinane* pur (spectre Raman). Le mélange comporte donc 60 pour 100 d'un pinadiène et 40 pour 100 d'un pinène que le spectre Raman et l'oxydation permanganique permettent d'identifier avec le nopinène.

2° La fixation par le platine des 2/3 environ de la quantité d'hydrogène nécessaire pour la saturation, fournit un mélange (identifié par le spectre Raman) de pinène et de pinane.

3° L'hydrogénation par le sodium et l'alcool a donné un mélange de pinène et de nopinène (préexistant).

Nous pouvons conclure de là que le pinadiène étudié contient deux doubles liaisons conjuguées, l'une des deux ayant la position 1 (comme dans le pinène), l'autre doit avoir l'une des positions 3 ou 5 :



I. Pinadiène 1,5.



II. Pinadiène 1,3.

La formule II paraît improbable parce que l'hydrogénation par le sodium devrait conduire au δ-pinène. D'autre part, des produits complexes de l'oxydation permanganique, nous avons pu retirer, en petites quantités, à côté d'acide oxalique et d'acide nopinique, un diacide fondant à 225°, de formule $C^{10}H^{14}O^{6}$, qui semble être le diacide dicétone correspondant à l'ouverture des deux doubles liaisons du pinadiène 1,5.

Nous pensons donc pouvoir attribuer cette formule I au corps obtenu.

En résumé, rappelons que l'action de l'oxyde de sélénium sur le pinène nous a conduits, avec des rendements intéressants, à la synthèse de quatre corps importants, inconnus ou rares, le myrténol, le myrténal, le nopinène et le pinadiène 1,5.

La synthèse totale du pinène ayant été faite, les synthèses précédentes sont elles-mêmes totales.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des sulfures aromatiques.* Note de MM. **Camille Lefèvre** et **Charles Desgrez**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons indiqué un mode de préparation des mono et bisulfures d'amines et de phénols, en chauffant, dans certaines conditions, le soufre avec ces substances aromatiques. Nous avons décrit les propriétés physiques et chimiques des corps obtenus et signalé que les sulfures phénoliques présentent, en outre, un caractère acide qui les différencie des substances génératrices. C'est ce caractère qu'il nous reste à préciser [1].

I. D'une façon générale, la présence du soufre dans ces nouveaux corps augmente les propriétés électronégatives du noyau, qui se traduisent par une plus grande acidité de l'oxhydrile phénolique.

C'est ainsi que les mono et bisulfures de phénol et de résorcine déplacent CO^2 des carbonates alcalins et alcalino-terreux, réaction qui ne se produit pas avec les phénols correspondants.

II. Les sels alcalins des mono et bisulfures phénoliques donnent avec les sels solubles de zinc, de cuivre, de plomb, d'argent, par double décomposition en milieu aqueux, de véritables sels des métaux correspondants. Les phénates alcalins, dans les mêmes conditions, ne donnent pas de sels mais des oxydes métalliques.

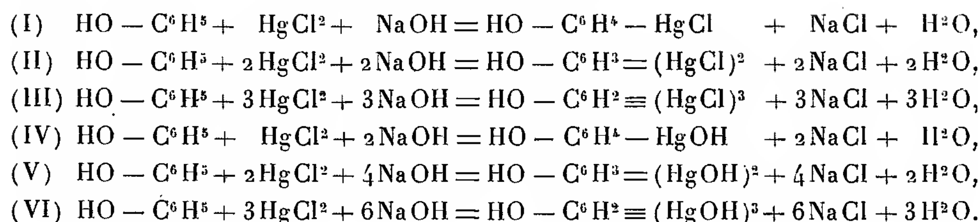
III. Le chlorure mercurique donne en outre, avec ces sulfures, en présence de quantités variables de soude, de véritables complexes qui diffèrent des corps obtenus précédemment par double décomposition, ce qui nous a amenés à étudier les mêmes réactions avec les phénols correspondants.

C'est ainsi que, avec le phénol ordinaire, nous avons obtenu les réactions

---

[1] C. Lefèvre et Ch. Desgrez, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1432 et 1791 et 199, 1934, p. 300.

avec précipitation de complexes mercuriels [1] :



$$\text{(I)}\quad HO-C^6H^5+HgCl^2+NaOH=HO-C^6H^4-HgCl+NaCl+H^2O,$$
$$\text{(II)}\quad HO-C^6H^5+2HgCl^2+2NaOH=HO-C^6H^3=(HgCl)^2+2NaCl+2H^2O,$$
$$\text{(III)}\quad HO-C^6H^5+3HgCl^2+3NaOH=HO-C^6H^2\equiv(HgCl)^3+3NaCl+3H^2O,$$
$$\text{(IV)}\quad HO-C^6H^5+HgCl^2+2NaOH=HO-C^6H^4-HgOH+2NaCl+H^2O,$$
$$\text{(V)}\quad HO-C^6H^5+2HgCl^2+4NaOH=HO-C^6H^3=(HgOH)^2+4NaCl+2H^2O,$$
$$\text{(VI)}\quad HO-C^6H^5+3HgCl^2+6NaOH=HO-C^6H^2\equiv(HgOH)^3+6NaCl+3H^2O.$$

Les réactions (I), (II) et (III) s'obtiennent à froid en ajoutant lentement la quantité correspondante de soude dans la solution aqueuse de phénol et de chlorure mercurique. Les réactions (IV), (V) et (VI) ne se produisent qu'en élevant la température vers 70°.

Avec la résorcine dont les 2OH sont en position (1) et (3) nous avons obtenu des résultats analogues.

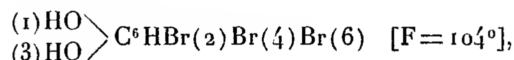
Ces corps, jaunes, sont peu solubles dans l'eau et l'alcool, leur solubilité diminuant avec leur plus grande teneur en Hg. Ils sont décomposables sous l'action de la chaleur avant d'entrer en fusion. L'acide chlorhydrique dilué régénère, à chaud, $HgCl^2$.

Par leur fonction phénol, ils donnent des éthers méthyliques avec l'iodure ou le sulfate de méthyle. Les groupes HgOH sont en position ortho (2 et 6) et para (4) par rapport à OH phénolique. L'eau de brome donne en effet, à froid, avec les trois complexes mercuriels, soit du phénol tribromé



$$HO(1)-C^6H^2Br(2)Br(4)Br(6)\quad [F=92°],$$

soit de la résorcine tribromée



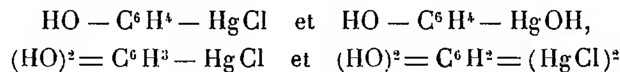
$$\begin{matrix}(1)HO\\(3)HO\end{matrix}\Big>C^6HBr(2)Br(4)Br(6)\quad [F=104°],$$

et le mercure passe dans la solution. Nous ne pouvons préciser la quantité respective des isomères de position (2 et 4), (2 et 6), que l'on ne peut séparer ni caractériser dans le mélange.

Les mono et bisulfures de phénol et de résorcine donnent des réactions

---

[1] Otto Dmiroth, par une méthode différente de la nôtre, a préparé :

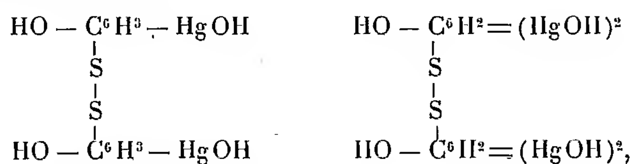


$$HO-C^6H^4-HgCl \quad\text{et}\quad HO-C^6H^4-HgOH,$$
$$(HO)^2=C^6H^3-HgCl \quad\text{et}\quad (HO)^2=C^6H^2=(HgCl)^2$$

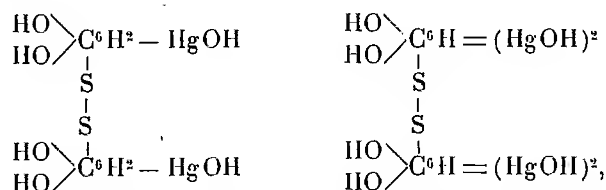
(*Berichte d. chem. Gesellsch.*, **13**, 1898, p. 2154 et **35**, 1902, p. 2853).

identiques et, après perte de chlore, nous avons obtenu les corps suivants :

Avec le bisulfure de phénol :



Avec le bisulfure de résorcine :



en dissolvant les bisulfures dans la soude et ajoutant $HgCl^2$.

Ces corps, jaune foncé, sont insolubles dans l'eau et l'alcool. Ils sont décomposables par la chaleur.

Les positions respectives des groupes sont (1) et (3) pour OH, (2) et (6) pour HgOH et (4) pour S, ce qui résulte des expériences précédentes sur les sulfures et aussi des produits obtenus par l'action de l'eau de brome sur les composés mercuriels phénoliques.

L'introduction de Hg dans les sulfures phénoliques, pour former des complexes, ne modifie en rien les propriétés des corps initiaux, en particulier le caractère acide de l'oxhydrile phénolique. C'est ainsi que nous avons obtenu des sels de zinc, de plomb, de cuivre, d'argent, le groupe HgOH remplaçant un H du noyau benzénique.

En résumé les mono et les bisulfures phénoliques précédemment décrits, ainsi que leurs complexes mercuriels, donnent des sels bien définis et stables.

LITHOLOGIE. — *Pétrographie des terrains cristallophylliens du Bas-Limousin.* Note [1] de MM. **J. Jung** et **M. Roques.**

La classification des schistes cristallins par zones de profondeur, trouve une belle application dans le complexe cristallophyllien qui s'étend sur la

(1) Séance du 18 février 1935.

feuille de Périgueux, de la Carte géologique de France (¹). On y trouve l'évolution d'un matériel tant éruptif que sédimentaire, depuis le stade indemne de tout métamorphisme général, jusqu'aux zones successives *épi*, *méso* et *cata*, de la classification de Grubenmann (²).

A. *Matériel non atteint par le métamorphisme général.* — Les grès de Thiviers sont des grès très feldspathiques, ne présentant aucune trace de dynamométamorphisme. La pâte contient une grande quantité de lamelles de biotite, non orientées, semblables à celle des cornéennes de contact. Cette action est due en effet au granite à microcline intrusif dans ces grès. On y trouve également des sills, interstratifiés, de diabase à structure intersertale caractéristique.

B. *Zone supérieure* (*épi*) *du métamorphisme général.* — Vers le Nord, les grès de Thiviers passent aux phyllades de Dussac, qui n'en sont qu'une forme modifiée par les agents caractéristiques de la zone épi : l'étirement schisteux et la recristallisation de la pâte avec développement de minéraux phylliteux et hydratés. La biotite s'y décompose entièrement en un feutrage de lamelles orientées de séricite et de chlorite ; les quartz et feldspaths détritiques prennent l'aspect amygdalaire.

Le granite à microcline, pris en lames dans le complexe sédimentaire prend l'aspect schisteux, dû à la cataclase et au développement de la séricite, qui lui vaut d'avoir été confondu avec des sédiments (schistes quartziteux, de la Carte). Le microgranite d'Excideuil est transformé, par le même processus, en porphyroïde (³).

Les diabases, enfin, sont ouralitisées et laminées, présentant, en outre, beaucoup de quartz secondaire.

Tout cet ensemble passe à son tour, vers la base, aux micaschistes de Razac, qui représentent l'extrême profondeur de la série *épi*. Une intense recristallisation du quartz y a fait disparaître la structure cataclastique du fond. Le feutrage de séricite fait place à des larges lames de muscovite et à de gros grenats. Çà et là se rencontrent quelques micas noirs, avant-coureurs de ceux qui vont se développer largement dans la zone moyenne.

Les diabases interstratifiées dans les micaschistes, bien que montrant une transition avec les précédentes, méritent ici le nom de schistes amphiboliques. L'amphibole ouralite occupe non seulement la place des anciens

(¹) G. Mouret, Feuille *Périgueux* de la *Carte géologique de France*.

(²) Grubenmann-Niggli, *Die Gesteinsmetamorphose*, 1924.

(³) J. de Lapparent, *Bull. Soc. franç. Minéralogie*, 32, 1909, p. 174.

pyroxènes, mais a recristallisé avec le quartz, dans toute la masse de la roche. Dans le type le plus transformé, l'amphibole, toujours peu colorée, comme l'ouralite, recristallise en bâtonnets d'apparence squelettique. Ces schistes amphiboliques montrent toujours l'abondance en produits titanés caractéristique de la diabase primitive.

C. *Zone moyenne* (*méso*) *du métamorphisme général.* — La zone méso est caractérisée par la disparition de l'aspect schisteux. Ce sont des gneiss, où se développent les feldspaths acides et la biotite, mais où subsistent des minéraux hydroxylés, tels ceux du groupe de l'épidote.

Au-dessous de la série des micaschistes de Razac s'étend le vaste domaine des gneiss du Limousin. Les mésogneiss y forment une première bande, recoupée transversalement entre Sarrazac et Jumilhac. D'apparence très feuilletée, ils contiennent beaucoup de muscovite, associée ou non à de la biotite, de l'orthose, des plagioclases acides et parfois du grenat. Certains d'entre eux, contenant de gros feldspaths amygdalaires, sertis dans le fond granoblastique, peuvent être considérés comme dérivant d'anciennes roches éruptives acides.

L'attribution de ces gneiss au groupe *méso*, plutôt qu'au groupe *cata* serait incertaine sans les associations minérales, très caractéristiques, que l'on trouve dans les amphibolites.

Les amphibolites et gneiss à amphiboles des mésogneiss appartiennent à deux types très différents, bien qu'associés parfois sur le terrain (Saint-Paul-la-Roche). Les unes contiennent une amphibole largement cristallisée, d'un vert intense, associée à de l'oligoclase, du quartz et beaucoup de produits titanés. Il y a tout lieu de les considérer, de ce fait, comme le résultat de la recristallisation, dans la zone *méso*, des diabases. D'autres, pauvres en fer et en titane, sont à grain fin, avec une hornblende faiblement polychroïque associée à une grande quantité de petits prismes d'épidote ou de zoisite, ou de zoisite seule. On y trouve, en outre, de l'albite et de la calcite primaire. Ce sont des para-amphibolites, dérivant d'anciens sédiments calco-magnésiens. On y retrouve l'association amphibole-zoisite-albite, caractéristique des prasinites des Alpes, et, en général, du groupe des méso-gneiss.

D. *Zone profonde* (*cata*) *du métamorphisme général.* — La région étudiée ne présente le passage aux catagneiss que sur ses confins. Au nord de Jumilhac, les gneiss deviennent de plus en plus granoblastiques, se chargent de facules pegmatitiques avec microcline, et quartz granulaire. Ils sont associés à des venues de granite à mica blanc. Quelques amphibo-

lites examinées sur la feuille de Tulle nous ont montré la disparition des minéraux du groupe de l'épidote et l'apparition d'un type granoblastique banal, associé à des éclogites. L'apparition du microcline et du pyroxène, l'effacement des minéraux hydroxylés, permettent de placer, sans hésitation, cet ensemble dans la zone profonde.

En résumé, les observations faites dans le Bas-Limousin apportent une nouvelle démonstration de la généralité de la classification des schistes cristallins par zones de profondeur et permettent d'envisager d'une façon plus précise les problèmes stratigraphiques et tectoniques de cette partie du Massif Central.

GÉOLOGIE. — *L'Éocène du plateau de Galatie (Anatolie Centrale).* Note (¹) de M. E. **Chaput**, présentée par M. H. Douvillé.

Comme on l'a montré (²), le plateau de Galatie comprend, dans sa partie méridionale, aux environs de Haymana, une épaisse série de conglomérats, de schistes gréseux foncés avec zones de lignites et avec intercalations de calcaires gréseux. Ces terrains appartiennent au Crétacé supérieur, surtout au Maëstrichtien; ils s'enfoncent vers le Nord sous des terrains éocènes comprenant également des conglomérats, des grès, des calcaires. Les angles de plongement sont couramment de 40 à 50°. Dans tous les affleurements observés les inclinaisons sont vers le Nord; il ne s'agit d'ailleurs que de têtes de bancs espacés, les intervalles étant masqués par les terrains de désagrégation de la surface du plateau; l'épaisseur de l'Éocène est de l'ordre de grandeur du kilomètre.

On ne voit pas de discordance nette entre le Crétacé et l'Éocène. Les principales assises reconnues sont, du Sud vers le Nord, donc de la base au sommet de la série éocène :

1° Calcaires fins du village de Kadiköy, assez riches en algues et bryozoaires.

2° Conglomérats du Nord de Yeñiköy, à *Velates Schmiedeli* Chemnitz, *Assilina granulosa* d'Archiac, *Nummulites* (³) *atacicus* Leymerie, *N. irregularis* Desh., *N. distans* Desh. (avec races granuleuses), *N. globulus* Leymerie.

3° Conglomérats et calcaires entre Kadiköy et Çayras, à *Cerithium Tchihatcheffi* d'Archiac, *Assilina granulosa*, *Nummulites atacicus*, *N. distans* (avec races granu-

(¹) Séance du 11 février 1935.

(²) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1960.

(³) Les déterminations des Nummulites sont dues à M. H. Douvillé.

leuses), *Alveolina oblonga* d'Orb.; les conglomérats de cette assise contiennent des cailloux roulés de jaspes à Radiolaires.

4° Grès et calcaires entre Çayras et Dereköy, avec *Velates balkanicus* Bontscheff, *Assilina granulosa, Ass. spira* de Roissy, *Nummulites atacicus, N. uroniensis* (de la Harpe) Heim, *N. globulus, N. Lucasi* d'Archiac.

5° Conglomérats du sud de Dereköy, à *Cerithium vicetinum* Bayan.

6° Grès à pistes et marnes blanchâtres.

Le groupe 1° se place vers la limite du Crétacé et de l'Éocène, les groupes 2° et 3° appartiennent probablement à l'Éocène inférieur (Yprésien); le groupe 4° représenterait le Lutétien inférieur et le groupe 5° le Lutétien moyen. Les marnes supérieures se placent vers la base de la série gypsifère très développée plus à l'Est dans la région traversée par le Kizil Irmak, entre Yashi Han et Sivas, et appartenant probablement en partie à l'Éocène supérieur, en partie à l'Oligocène. Mais, près de Dereköy, la série gypsifère n'est pas visible; les grès à pistes et les marnes surmontant les conglomérats à *Cerithium vicetinum* s'enfoncent en effet, suivant une surface de contact anormal, sous une série ophiolitique. Celle-ci, qui comprend des serpentines diverses disloquant des schistes, des marbres à Fusulinidés, des jaspes rouges à Radiolaires, est poussée vers le Sud sur l'Éocène, dont elle masque la partie supérieure.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Étude de la variation diurne des atmosphériques à Shanghaï.* Note [1] de M. **P. Lejay**, présentée par M. Charles Maurain.

Au cours des trois années 1932, 1933, 1934, nous avons poursuivi de façon continue l'enregistrement des atmosphériques, à l'Observatoire de Zi ka wei, par la méthode de M. Bureau [2], avec un instrument semblable à celui qui est en service en plusieurs stations de l'Office national météorologique. Cet instrument compte les atmosphériques qui, après une amplification donnée, fournissent une variation de courant d'une intensité déterminée, pour laquelle un relai convenablement réglé entre en fonctionnement.

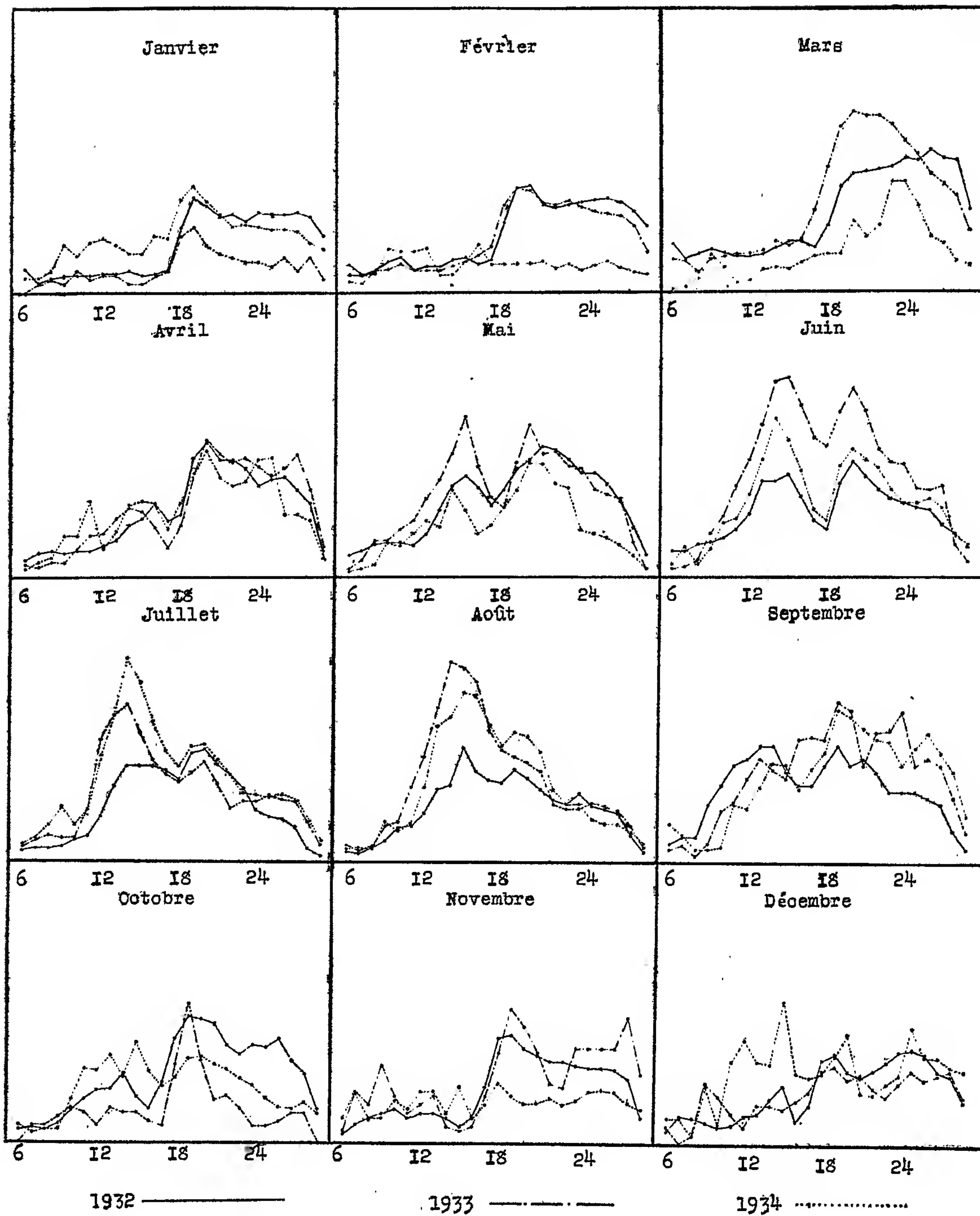
Bien que nous n'ayions pu, au cours de ces années d'essai, maintenir la sensibilité de l'ensemble absolument constante, nous pouvons admettre

---

(1) Séance du 11 février 1935.

(2) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 157, et 191, 1930, p. 64.

Variation diurne des atmosphériques.



que celle-ci n'a subi en général que des variations lentes n'affectant pas l'allure des variations diurnes qui font l'objet de cette Note.

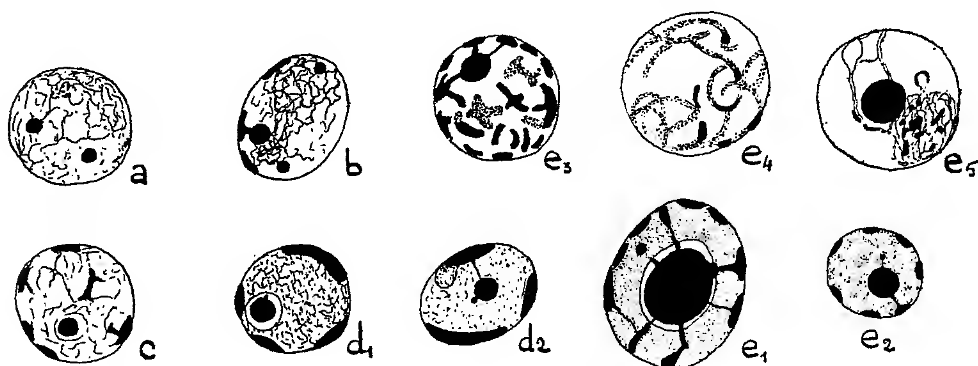
Nous représentons sur les courbes ci-dessus les moyennes mensuelles du nombre d'atmosphériques enregistrés à chaque heure du jour. On voit que les courbes ont, pour les trois années, des formes semblables; nous retrouvons, aux mêmes heures du jour, non seulement les maxima et les minima principaux, mais beaucoup de variations secondaires. Cette remarquable fidélité est d'autant plus frappante que l'allure des courbes se modifie considérablement d'un mois au suivant, et que l'amplitude des courbes individuelles originales, d'aspect très tourmenté, varie dans des proportions assez grandes.

Nous retrouvons à Shanghaï, avec des caractères légèrement différents, les principaux phénomènes signalés par M. Bureau : pendant l'hiver, qui est ici caractérisé par les envahissements périodiques de l'anticyclone de la Sibérie orientale, le maximum de nuit commence brusquement au coucher du Soleil et demeure à peu près constant pendant toute la nuit. Nous le trouvons sur presque toutes les courbes de janvier à mai inclus. En été après un maximum très prononcé au coucher du Soleil et dans les premières heures de la nuit, la courbe s'abaisse progressivement. Le maximum de jour, à peine marqué en hiver, s'élève pendant le mois de mai, pour dépasser en juin le maximum de nuit. Il a lieu en mai vers 16^h, se rapproche peu à peu du début de l'après-midi (14^h en juillet) pour rétrograder ensuite, et disparaître en octobre. Le minimum de 18^h, qu'on peut constater sur presque toutes les courbes de l'année, se voit encore nettement sur presque toutes les courbes moyennes, bien qu'atténué par les journées exceptionnelles d'orages locaux. Celui de 6^h du matin est absolument général; il se décale légèrement, comme celui de 18^h, suivant les heures du lever et du coucher du Soleil, marquant ainsi l'influence des changements d'altitude des couches ionisées de la haute atmosphère.

Le maximum secondaire de la seconde moitié de la nuit semble ici moins important que dans certaines stations d'Europe, moins régulier notamment sur nos enregistrements que sur ceux de M. Lugeon à la station polonaise de Jablonna.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la structure de quelques noyaux quiescents*. Note (¹) de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les noyaux dans beaucoup de cellules végétales ont été considérés comme ayant une structure homogène à l'état de repos. C'est le cas particulièrement des noyaux qui renferment des chromocentres et qui ont fait l'objet d'études nombreuses récentes. Parmi ces derniers, Grégoire (²) a distingué un type nucléaire *euchromocentrique* correspondant aux noyaux « où les seules parties qui soient chromatiques durant l'interphase, en dehors du



a, *Orobanche rapum*; *b*, *Pedicularis palustris*; *c*, *Physalis* sp.; d_1, d_2, *Rhinanthus crista-galli*; e_1, *Lathraea clandestina*, noyau d'une cellule du tapis de l'anthère; e_2, noyau d'un jeune pétale; e_3, prophase somatique; e_4, e_5, prophases de la mitose hétérotypique.

nucléole, sont d'apparents corpuscules périphériques, logés contre le pourtour nucléaire, et dont le nombre peut être égal ou, parfois, inférieur au nombre spécifique des chromosomes, mais ne le dépasse jamais ». D'autre part il résulte des travaux de J. Doutreligne que les noyaux appartenant à ce type structural auraient une évolution particulière au cours de la division.

Or les recherches que nous poursuivons depuis quelque temps sur les noyaux à chromocentres, nous ont amené à penser qu'il existait d'autres catégories de chromocentres que les euchromocentres et les chromocentres

(¹) Séance du 18 février 1935.

(²) *Bull. Acad. Roy. Belgique*. Cl. Sciences, 5ᵉ série, 17, 1932, p. 1435.

ordinaires et qu'il y aurait des termes de passage entre ces deux types de formations nucléaires.

La série des *Orobanche rapum*, *Pedicularis palustris*, *Physalis* sp, *Rhinanthus crista-galli* et *Lathræa clandestina* est instructive à cet égard (*fig.* *a*, *b*, *c*, *d*, *e*). Alors que dans la première de ces plantes le noyau quiescent est du type réticulé ordinaire, les noyaux de *Pedicularis* montrent des chromocentres s'ajoutant au réticulum et il en est de même dans le *Physalis*. Chez le *Rhinanthus* et le *Lathræa*, le réseau est beaucoup plus réduit, tandis que la chromatine se trouve condensée en chromocentres pariétaux, souvent très volumineux. Dans le premier exemple les chromocentres sont fréquemment de larges plaques irrégulières, tandis que dans le *L. clandestina* (*fig.* e_1) les chromocentres sont moins irréguliers de taille et de forme et se rapprochent du type des euchromocentres par le caractère d'une constance assez grande de leur nombre. Cependant, comme l'avait déjà noté Witsch ([1]), les chromocentres de *Lathræa* sont approximativement en nombre haploïde (et non diploïde, comme ce serait le cas s'il s'agissait d'euchromocentres proprement dits, répondant à la définition donnée plus haut). La mitose diffère également chez le *Lathræa* du schéma euchromocentrique (*fig.* e_4, e_5) et ceci est particulièrement évident pour la division meiotique.

Si l'on se tourne maintenant du côté des noyaux répondant plus spécialement à la définition du type euchromocentrique, nous voyons qu'effectivement il existe des noyaux comme ceux du Lupin blanc, du Haricot, du Ricin, du *Calycanthus floridus* que l'on peut considérer comme dépourvus de structure réticulée à l'état quiescent; ce caractère d'un nucléoplasme homogène noté par différents auteurs s'ajoute au fait de la présence de chromocentres disposés à la périphérie des noyaux contre la membrane nucléaire. Cependant certains chromocentres sont situés dans l'espace compris entre la membrane et le nucléole, d'autres sont fixés sur le nucléole ou rattachés à lui ([2]); enfin le nombre des chromocentres est parfois très inférieur au chiffre diploïde et par exemple dans le Ricin il oscille autour de 9 ($2_n = 20$). Nous trouvons également, dans le Haricot et dans le Lupin blanc des noyaux dépourvus, à certains stades, de chromocentres.

Il ne faudrait pas admettre, d'autre part, comme l'ont fait plusieurs

([1]) *Œsterr. Botan. Zeitschr.*, 81, 1932, p. 108.
([2]) P. Dangeard, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1444.

auteurs, qu'il y a un lien nécessaire entre l'état homogène du noyau et la présence des euchromocentres (ou des prochromosomes) : c'est ainsi que les noyaux d'*Elodea canadensis*, considérés comme homogènes par les cytologistes, n'appartiennent pas au type euchromocentrique, d'après les observations que nous avons faites récemment : les chromosomes s'y dégagent peu à peu dans un fond chromatique non structuré. Chez l'*Oxalis stricta* nous avons trouvé des noyaux parfaitement homogènes à certains stades et qui pourtant paraissent bien dénués de chromocentres. Il en est de même dans le *Cyclanthera pedata* : la méthode de Feulgen, dans cette plante, donne un résultat très remarquable, car elle colore les noyaux interphasiques d'une manière homogène en rouge vif, à l'exception des nucléoles, et sans y révéler de chromocentres. Le *Cyclanthera* a d'autre part de longs chromosomes, ce qui éloigne cette plante des Cucurbitacées dont le noyau a été décrit jusqu'à présent.

BOTANIQUE. — *Sur la morphologie de la graine des Légumineuses dans ses rapports avec la systématique.* Note de M. ALBERT PITOT, présentée par M. L. Blaringhem.

Les trois groupes Mimosacées, Papilionacées, Cæsalpiniacées, formant l'ensemble des Légumineuses, présentent deux formes de graines nettement différentes : anatropes chez les Cæsalpiniacées-Mimosacées, courbes ou semi-anatropes et possédant une grande complexité chez les Papilionacées. Pour préciser la terminologie, je décrirai comme type la graine bien connue du Haricot (*Phaseolus vulgaris*).

La courbure extérieurement visible se retrouve dans l'embryon dont les cotylédons et la radicule, rabattue contre eux, sont arqués. La chalaze est située sur le bord ventral, à une certaine distance du pôle inférieur. Le tégument mince possède une région hilaire sensiblement médiane ; c'est un hile agrandi, à structure compliquée, constitué par un épiderme double enserrant un îlot de trachéïdes (¹). Sous cette région hilaire la protébu-rance (²) forme une double verrue cornée ; région hilaire et protubérance caractérisent par leur présence constante les Papilionacées gamostémones.

(¹) A. PITOT, *Bull. Soc. Bot.*, 77, 1930, p. 354.
(²) A. PITOT, *Bull. Soc. Bot.*, 77, 1930, p. 289.

J'ai pu mettre en évidence, chez les Sophorées et les Podalyriées une série de formes de passage reliant la graine anatrope des Cæsalpiniacées à la graine campylotrope du type décrit ci-dessus.

Cæsalpinia sepiaria Roxb., Cæsalpiniacée. — Ce type de graine anatrope contient un embryon renversé, rectiligne dont la radicule prolonge l'axe des cotylédons. La chalaze est au pôle inférieur. Le tégument est très épais. Le hile très petit correspond au pôle supérieur de la graine et est constitué par une seule assise épidermique sans trachéïdes. La protubérance n'existe pas.

Ormosia Sumatrana Prain., Sophorée. — La graine montre un embryon rectiligne renversé, où la radicule est dans le prolongement de l'axe des cotylédons. La chalaze est au pôle inférieur comme dans toutes les Sophorées étudiées ici. Le tégument est épais. Le hile agrandi, placé au pôle supérieur, présente la constitution complexe de la région hilaire des Papilionacées que nous retrouvons désormais dans tous les termes de la série. La protubérance n'existe pas. La graine ne diffère de la précédente que par la transformation du hile en région hilaire.

Sophora tomentosa Linn., Sophorée. — Les cotylédons sont quelque peu arqués. La radicule courte s'incline légèrement sur le côté, le tégument est épais. La région hilaire située dans la moitié supérieure de la graine est rejetée quelque peu latéralement. La protubérance apparaît comme une ligne noire sous la région hilaire.

Sophora japonica Linn., Sophorée. — La radicule longue, rectiligne, fait avec l'axe des cotylédons à peine incurvés, un angle droit. Le tégument épais montre une région hilaire latérale placée dans la moitié supérieure de la graine. La protubérance forme, sous le hile, une mince arête s'élargissant et disparaissant avant d'arriver au pôle inférieur.

Anagyris fœtida Linn., Podalyriée. — L'embryon possède une courbure assez accentuée. La radicule forte, dans le prolongement des cotylédons, courbe comme eux, dirige sa pointe vers le bas. Le tégument est épais. La région hilaire se rapproche de la région médiane de la graine. La protubérance, plus fortement marquée que dans les cas précédents, s'étend du hile à la chalaze qui remonte légèrement sur la région ventrale de la graine. La graine d'*Anagyris*, dernier terme de la série, s'apparente donc nettement par sa forme à la graine campylotrope, type des Papilionacées.

En résumé, dans le passage de la forme anatrope à la forme campylotrope, le lien est réalisé tout d'abord par l'apparition sur la forme anatrope, de l'organisation hilaire propre aux Papilionacées (*Ormosia*), puis par la formation d'une protubérance de plus en plus nette en relation avec une courbure de plus en plus accentuée de la radicule et des cotylédons. Notons enfin la position privilégiée des Sophorées, auxquelles on n'a peut-être pas donné en systématique l'importance qu'elles devraient avoir.

CHIMIE AGRICOLE. — *Détermination des cendres dans les betteraves sucrières par la mesure des conductibilités électriques.* Note de MM. **Émile Saillard** et **Roger Saunier**, présentée par M. Pierre Viala.

Nous avons indiqué [1] l'appareil dont nous nous servons (*loc. cit.*, p. 1335) et les résultats que nous avons obtenus, soit avec des cossettes de betteraves séchées (p. 1335), soit avec des mélasses de betteraves (p. 2026).

Nous avons poursuivi nos essais en partant de betteraves fraîches. Les jus à étudier ont été préparés de la façon suivante : $32^g,6$ (double du poids normal français) de râpure fine ont été pesés dans une capsule Sachs-Le Docte et additionnés de 200^{cm^3} d'eau distillée ou de 199^{cm^3} d'eau distillée et 1^{cm^3} d'acide acétique. Après 1/2 heure de digestion à 80-85°, les capsules étant fermées par un couvercle étanche, et après refroidissement à 20°, les jus ont été filtrés sur du coton de verre (puis sur du papier, en cas de digestion acétique). Le dosage des cendres des jus de digestion a été fait en présence d'acide sulfurique, comme cela se fait en industrie sucrière.

Nous avons préparé des jus plus dilués en partant respectivement de 75^{cm^3}, 50^{cm^3}, 20^{cm^3}, 10^{cm^3}, 5^{cm^3}, etc., de jus de digestion qui ont été amenés à 100^{cm^3} avec de l'eau distillée. Nous avons déterminé les résistances électriques de chacun de ces jus dilués.

Comme avec les jus de cossettes séchées (p. 1337) les résistances en ohms croissent moins vite que ne diminue les teneurs des cendres pour 100^{cm^3} de jus étudié. Les résultats ont été portés sur un graphique, les cendres venant sur l'axe des abscisses, et les résistances sur l'axe des ordonnées.

Digestion sans acide acétique. — Le produit de la teneur en cendres (C) par la résistance (R) va en diminuant à mesure que la teneur en cendres diminue. Il y a une partie de la courbe pour laquelle le produit de la résistance par la teneur en cendres présente moins de variations, c'est-à-dire une partie de la courbe qui se rapproche d'un arc d'hyperbole équilatère.

Cependant, le produit CR présente des différences parfois trop marquées quand on passe d'un jus à l'autre, ce qui fait que les moyennes masquent parfois la loi générale, sur cette partie de la courbe. Pour ce cas, nous avons dressé la table ci-après.

Digestion avec acide acétique. — Si l'on porte de la même façon sur un graphique les résultats obtenus avec les jus de digestion acétique, le pro-

[1] Voir *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1335 et 2026.

duit RC est plus faible qu'avec la digestion sans acide acétique et présente des variations relativement très faibles. La partie de la courbe qui se rapproche d'un arc d'hyperbole équilatère est plus nette et plus étendue.

Dans les deux cas, c'est sur la solution contenant 10 à 20^{mg} de cendres par 100$^{cm^3}$ que le produit des cendres par les résistances est moins sujet à variations, surtout quand il s'agit de jus obtenus par digestion acétique.

Nous faisons remarquer qu'on obtient des courbes de même allure générale en opérant sur des mélasses amenées à différentes concentrations; seulement, avec les mélasses, la partie de la courbe qui se rapproche d'un arc d'hyperbole équilatère correspond à une teneur en cendres plus élevée: 50 à 100^{mg} de cendres pour 100$^{cm^3}$ de jus étudié.

Les résultats obtenus sur les betteraves françaises de 1934 nous ont conduit aux méthodes suivantes pour la détermination des cendres sulfatées de la betterave.

Première méthode. — Digestion sans acide acétique. Prendre 20$^{cm^3}$ du jus de digestion, les amener à 100$^{cm^3}$ et déterminer la résistance électrique de ce jus dilué.

Pour passer aux cendres pour 100 de betteraves, employer la table suivante :

$C_{sp} \times 10^6$.	Résistance en ohms du jus étudié R.	Cendres pour 100$^{cm^3}$ en mg de jus étudié C.	Produit $C \times R$.	Cendres pour 100^g de betteraves.
134	1366	11,53	15,76	0,408
145	1266	12,28	15,54	0,435
149	1232	12,55	15,46	0,444
183	1003	14,7	14,74	0,520
191	960	15,26	14,64	0,540
209	878	16,48	14,46	0,583
212	865	16,58	14,34	0,587
227	807	17,7	14,28	0,626
242	758	18,8	14,25	0,665

Dans cette table, C_{sp} représente la conductibilité spécifique du jus étudié (20$^{cm^3}$ du jus de digestion amenés à 100$^{cm^3}$).

Deuxième méthode. — Digestion avec acide acétique : prendre 20$^{cm^3}$ du jus de digestion, les amener à 100$^{cm^3}$ et déterminer la résistance électrique de ce jus dilué. Cette méthode est à préférer à la première.

Dans ce cas, le produit moyen de la résistance par la teneur en cendres a été trouvé égal à 11,2 (dans ce produit moyen entrent les chiffres extrêmes 10,75 et 11,7).

Comme la prise d'essai de râpure ($32^{gr},6$) contient $28^{cm^3},5$ de jus, on peut passer de la teneur en cendres (C) du jus étudié à la teneur en cendres pour 100 de betteraves (M) en employant la formule suivante

$$M = \frac{C \times 228,5 \times 100}{20 \times 32,6};$$

d'où $M = C \times 35,04$ en milligrammes pour 100^{gr} de betterave.

Nous contrôlerons encore ces méthodes sur les betteraves de l'année 1935.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Action de l'eau à basse tension superficielle sur le plumage des oiseaux aquatiques.* Note de M. **P. Portier** et Mlle **A. Raffy**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons montré (¹) que le plumage des oiseaux enduit de corps gras ou d'hydrocarbures ne possédait plus ses remarquables qualités isolantes. Dans ces conditions les Palmipèdes en contact avec l'eau perdent des quantités de chaleur importantes, leur température baisse rapidement et ces oiseaux succombent avec une hypothermie marquée.

On sait d'autre part qu'une masse d'air abondante est emprisonnée entre les plumes, notamment dans l'épais plastron ventral qui entre en contact avec l'eau lorsque le palmipède se livre à la natation.

Il semble très vraisemblable que cet air inclus constitue un appareil isolant d'une grande efficacité qui permet à l'oiseau de conserver sa température élevée même dans un milieu très froid.

Nous avons cherché à vérifier cette conception en chassant cette masse d'air adhérente aux plumes. Des expériences déjà anciennes nous avaient appris qu'un grand nombre d'insectes aquatiques (Notonectes, Coryzes, Hydrophiles, etc.) possédaient aussi une couche d'air adhérente à certaines régions de leurs téguments qui, de ce fait, apparaissent brillantes sous l'eau. Or, si on plonge ces insectes dans de l'eau dont on a abaissé la tension superficielle, cette eau envahit aussitôt les régions hydrofuges brillantes, l'air adhérent chassé se dégage dans l'eau.

Nous avons réalisé de semblables expériences sur le Canard. On sait que ce palmipède, au retour d'une plongée, sort de l'eau sans que son plumage soit mouillé et sans que son poids ait varié.

Mais, si à l'eau ordinaire, on substitue de l'eau dont on a abaissé la ten-

(¹) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 851.

sion superficielle, on constate que l'eau envahit le plumage, chasse l'air inclus, et l'oiseau sort de l'eau ruisselant et ayant sensiblement augmenté de poids; de plus sa température a baissé d'une manière notable au contact de l'eau froide.

Voici le résumé d'une expérience :

Canard de 1kg,655. Température 42°,2. Bain d'eau refroidie à + 5° par de la glace. On abaisse la tension superficielle au moyen de bile de bœuf.

Maintenu une demi-heure dans cette eau le Canard sort ruisselant et en proie à un tremblement très marqué. Il pèse 1kg,940. Il a donc gagné 285g. Sa température est de 35°,5; elle a donc baissé de 6,7 degrés.

Le Canard séché et réchauffé se retablit.

L'expérience vérifie donc la conception exposée.

Remarquons enfin que l'immersion dans un liquide à basse tension superficielle permet de supprimer *physicologiquement* l'écran antidéperditeur de chaleur constitué par les plumes. Le procédé permet d'étudier le métabolisme de l'oiseau dans des conditions qui ne pouvaient être réalisées jusqu'ici qu'en plumant totalement ou partiellement l'oiseau.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Vessie natatoire et canal pneumatique.* Note de M. **Étienne Rabaud** et de Mlle **Marie-Louise Verrier.**

M. Joseph Meierhans [1] conteste les conclusions tirées de nos expériences sur le canal pneumatique et la vessie natatoire des Poissons physostomes, mais, la façon dont il présente les faits nous laisse craindre qu'il n'ait pris qu'une connaissance surperficielle de nos Mémoires et n'ait lui-même expérimenté d'une manière insuffisante. Il est entendu, et on le constate sans difficulté, que tout Poisson physostome, soumis à une décompression progressive, rejette des bulles de gaz par la bouche et tombe lourdement au fond, au retour de la pression normale. Le désaccord porte sur l'origine des gaz qui s'échappent. Pour Moreau, suivi par Guyénot et son élève Meierhans, ce gaz provient exclusivement de la vessie natatoire par la voie du canal pneumatique, qui jouerait le rôle de soupape de sûreté.

Ayant constaté, à de multiples reprises [2], qu'après ligature du canal,

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 582.

(2) E. Rabaud et M. L. Verrier, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 906; *Bull. Biolog. France Belgique*, 68, 1934, p. 188; *Bull. station biol. d'Arcachon*, 29, 1932, p. 1-6.

ou en son absence, les Poissons rejettent encore des bulles de gaz, sous l'effet de la décompression, qu'ils tombent lourdement au fond au retour de la pression normale, nous avons été amenés à penser que ces gaz ne pouvaient provenir de la vessie natatoire seule. Pour élucider la question, nous avons institué une expérience qui ne paraît pas avoir attiré l'attention de M. Meierhans. L'expérience consiste à extérioriser la poche postérieure de la vessie, afin de suivre, *de visu*, les effets de la décompression. Les résultats se résument dans l'exemple suivant : une Tanche, à vessie extériorisée et rendue physocliste, commence a rejeter des bulles de gaz par la bouche et la fente des opercules, pour une pression de 558^{mm}, alors qu'une Tanche à canal pneumatique intact et à vessie également extériorisée, présente le même phénomène pour une pression de 561^{mm}. La pression continuant à diminuer, la partie extériorisée de la vessie diminue sensiblement de volume dans les deux cas, et, au retour de la pression normale, les deux Tanches tombent lourdement sur le fond, la vessie à peu près vide de gaz (parois plissées). Ces deux vessies reprennent leur volume normal au bout de 48 heures environ, que le canal pneumatique soit intact ou ligaturé.

De ces faits, nous concluons, très légitimement, que le canal pneumatique joue un rôle pratiquement négligeable, sans nier toutefois sa perméabilité, comme le laisse entendre M. Meierhans. Seulement, puisque le gaz diffuse à travers les parois de la vessie, à mesure qu'il se dilate, il n'aboutit pas à acquérir une pression suffisante pour vaincre la résistance du canal : en cela, nous nous croyons en accord avec Guyénot, qui a mesuré la pression nécessaire pour vaincre cette résistance, décrivant, en outre, un sphincter dont nous n'avons retrouvé aucune trace. L'évacuation de la majeure partie des gaz s'effectue donc pas une autre voie.

Nous avons obtenu des résultats entièrement comparables avec une cinquantaine de Poissons physoclistes (Perche, Sargues, Pagels, Gobius, Hippocampes).

Aussi ne parvenons-nous pas à comprendre les résultats négatifs des expériences de M. Meierhans. D'ailleurs il expose ces résultats sans précision véritable. Tandis qu'il s'attarde sur les effets, que nul ne conteste, produits par la décompression de deux espèces de physostomes, il rapporte très brièvement les essais pratiqués sur une seule espèce, après ligature du canal pneumatique; encore n'indique-t-il ni le nombre des individus opérés, ni davantage, constatation capitale, l'état de la vessie à la fin de l'expérience. Tous les détails manquent, qui auraient conduit à une autre

interprétation. Nous avons, notamment, insisté sur l'importance des différences individuelles et spécifiques. L'expérience cruciale de la vessie extériorisée, l'étude comparative de nombreux Poissons, physoclistes ou physostomes à canal ligaturé, donnant des résultats concordants auraient pu laisser à M. Meierhans quelques doutes sur ses propres résultats.

La même Note, du reste, renferme des affirmations qui s'accordent mal avec les données les plus élémentaires de l'anatomie des Poissons. Chez les Physoclistes, lisons-nous, une forte décompression entraîne une énorme dilatation de la vessie; celle-ci, repoussant devant elle le pharynx évaginé, fait alors saillie par la bouche. Quiconque a examiné la cavité pharyngienne d'un Poisson se rend compte de l'impossibilité d'un pareil mécanisme; le pharynx est indéformable; c'est l'estomac qui fait saillie et non pas la vessie. Celle-ci, fortement attachée aux parois, se déchire sous l'effort de traction de ces parois, comme nous l'avons indiqué (1). Et si le même mécanisme ne se retrouve pas chez les Cyprins, à vessie libre, c'est surtout à cause de l'absence d'estomac chez eux.

En présence de ces résultats soigneusement contrôlés, nous ne doutons pas que, mieux informé par quelques études anatomiques, par des expériences variées et multipliées, M. Meierhans ne se rallie un jour à nos conclusions.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence de la pyrryl-α-méthyl-cétone dans la valériane officinale stabilisée.* Note de M. Emil Cionga, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nos recherches ont porté sur des résidus industriels obtenus à partir de rhizomes et racines frais de valériane stabilisés par l'alcool; la colature obtenue après distillation de l'alcool fut lavée à l'éther; l'éther laissa un résidu acide, à odeur d'acide valérianique, qui constitua notre matière première.

Ce résidu est neutralisé par une solution aqueuse à 25 pour 100 de carbonate neutre de sodium cristallisé. Les produits non combinés sont extraits par l'éther, la solution des sels sodiques est mise à part. Les liqueurs éthérées abandonnent par évaporation une masse brune, semi liquide qu'on saponifie au moyen d'une solution alcoolique de potasse à

(1) Et. Rabaud et M.-L. Verrier, *Bull. Soc. Zool.*, 57, 1932, p. 297.

10 pour 100. La solution obtenue est concentrée, reprise par l'eau et épuisée à l'éther; de l'extrait éthéré nous avons pu isoler le produit qui fait l'objet de cette Note.

2770g de résidu industriel ont fourni, après neutralisation, 357g de produits solubles dans l'éther. 251g de la fraction précédente ont conduit, après 5 heures de saponification à 107g d'extrait éthéré. La distillation de cet extrait donne, entre autres produits, 10 pour 100 environ d'un liquide bouillant entre 60° et 125° sous 0mm,75 dont on a séparé après rectification 16 pour 100 environ d'un liquide très légèrement coloré en jaune (Eb. 0mm,65 : 68-73°); après un séjour de 12 heures à la glacière ce liquide se prend en masse. Les cristaux essorés (0g,20) sont purifiés par cristallisation fractionnée dans l'éther de pétrole bouillant. On obtient finalement des aiguilles blanches, soyeuses, fusibles à 90°, solubles dans l'eau et les solvants organiques usuels.

Nous avons identifié ces cristaux avec la pyrryl-α-méthyl-cétone, C^6H^7ON.

Analyse. — C pour 100, 65,74; H pour 100, 6,49; N pour 100, 12,98. Calculé pour C^6H^7ON : C pour 100, 66,02; H pour 100, 6,46; N pour 100, 12,83.

Identification. — On connaît plusieurs dérivés de la pyrryl-α-méthyl-cétone synthétique; le tableau suivant permet de comparer les points de fusion du produit de synthèse et du produit retiré de la valériane ainsi que ceux de leurs dérivés :

	Produit de synthèse (¹).	Produit naturel.
Pyrryl-α-méthyl-cétone	90°	90°
Oxime	145-146°	144-145° (*)
Phénylhydrazone	146°	143-144° (*)
Dérivé furacrylique	134-135°	134-135° (*)

(*) Fusion instantanée au bloc de Maquenne.

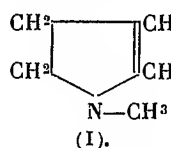
Waliszewsky (²) avait signalé dans la racine de valériane la présence de deux alcaloïdes sans décrire d'autres propriétés que leur solubilité dans l'éther et auxquels il avait donné le nom de *Chatinine* et de *Valérine*. Chevalier (³) isola un alcaloïde volatil très altérable dont il ne fit que l'étude pharmacodynamique.

(¹) D'après H. Fischer et H. Orth, *Die Chemie des Pyrrols*, Leipzig, 1, 1934, p. 183-184.

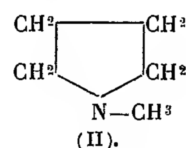
(²) *Union pharm.* 32, 1891, p. 109-110.

(³) *Bull. Soc. Thérap.*, 153, 1907, p. 815; *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 154-157.

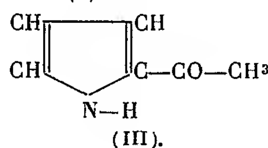
Goris et Vischniac [1] ont confirmé la présence des deux alcaloïdes de Waliszewsky et ont préparé le chlorhydrate (PF. 115°) et le picrate de chatinine (PF. 97-98°). Enfin récemment Tschitschibabine et Oparina [2] ont extrait une base liquide volatile de formule $C^{10}H^{15}N$ à odeur rappelant les homologues de la pyridine. Parmi ces produits, seule la base volatile isolée par Chevalier nous semble s'identifier avec la pyrryl-α-méthyl-cétone; en effet, les propriétés pharmacodynamiques décrites par Chevalier présentent une analogie frappante avec celles qu'indiqua par la suite Rabbeno [3] pour la pyrryl-α-méthyl-cétone de synthèse; une solution de pyrryl-α-méthyl-cétone, introduite dans le sac lymphatique dorsal de la grenouille, détermine à dose forte la suppression de l'excitabilité spontanée et du réflexe, suivie de la mort par paralysie progressive du cœur ; à dose faible, la pyrryl-α-méthyl-cétone ajoutée au liquide de perfusion du cœur assure une survie, par exaltation du système nerveux central ; enfin, l'action anesthésique locale, comparée à celle du chlorhydrate de cocaïne, lui est inférieure dans le rapport de 0,04 à 1.



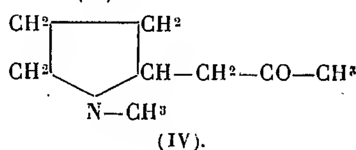
(I).



(II).



(III).



(IV).

On peut donc considérer la pyrryl-α-méthyl-cétone (III) comme un principe actif de la valériane. Isolée pour la première fois du règne végétal, elle prend place dans une série qui comprend déjà la N-méthyl-pyrroline (I), la N-méthyl-pyrrolidine (II) et les hygrines (IV).

---

(1) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1059-1061.

(2) *Comptes rendus Ac. Sc. U. R. S. S.*, 1, 1934, p. 119-122 (in *Chem. Abstracts*, 28, 1934, p. 2715).

(3) *Archives Internat. Pharmacodyn. et Thérapie*, 35, 1929, p. 377-423; 36, 1930, p. 172-204; 39, 1930, p. 19-36.

PARASITOLOGIE. — *Paludisme aviaire* : Plasmodium gallinaceum *n. sp. de la poule domestique*. Note de M. **Émile Brumpt**, présentée par M. L. Lapicque.

La découverte d'un certain nombre d'hématozoaires dans le sang des oiseaux du domaine universitaire de Richelieu, où j'ai pu organiser, une station de parasitologie expérimentale, m'a engagé à entreprendre diverses études pour l'identification des parasites du paludisme aviaire qui comprennent au moins douze espèces de *Plasmodium*.

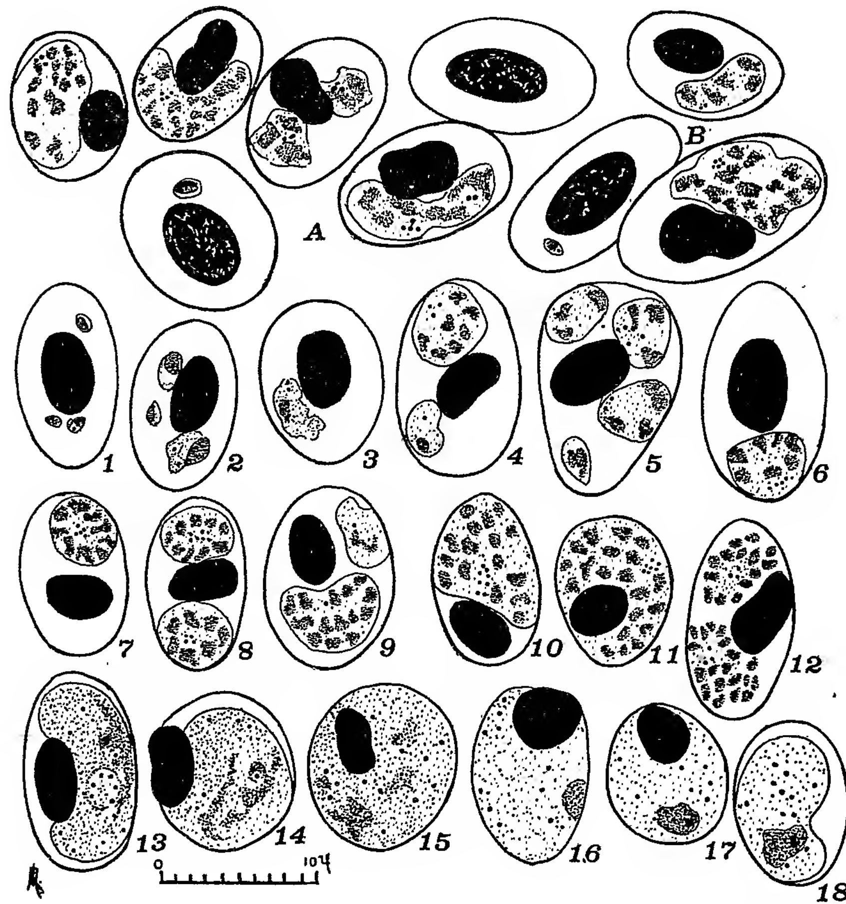
L'importance pratique de ces *Plasmodium* des oiseaux est très grande pour l'étude du traitement du paludisme humain. C'est en effet, en étudiant, depuis 1926, l'action des médicaments sur les parasites des oiseaux que de nombreux produits synthétiques (plasmoquine, atébrine, etc.) succédanés de la quinine, ont put être utilisés en pathologie humaine (Roehl, 1926; Collier et Kraus, 1929; Fourneau, M. et M[me] Trefouel, Stephanopoulo, Benoit, Y. de Lestrange, Melville, 1930; Kikuth, 1932, etc.).

Toutes les études thérapeutiques ont été effectuées jusqu'à ce jour en utilisant surtout les canaris et les calfats (*Padda oryzivora*). Ces petits passereaux sont extrêmement utiles, mais il serait encore plus précieux de pouvoir traiter de grands oiseaux domestiques infectés par des *Plasmodium*, c'est pourquoi je crois bon de signaler l'existence, en Asie, chez la poule domestique, d'un *Plasmodium* pathogène pour cet animal auquel je donnerai le nom de *Pl. gallinaceum* n. sp.

Ce parasite semble avoir été vu pour la première fois par Prowazek (1912), qui, en trois lignes, signale chez la poule domestique de Deli (Sumatra), un *Plasmodium* qui peut parfois donner naissance à plus de 24 mérozoïtes. Depuis cette époque, la seule référence originale que nous possédions est celle de Crawford (1933) qui, dans le rapport annuel du chef du service vétérinaire de Ceylan, signale que le *Plasmodium relictum* (= *præcox*), trouvé dans le sang de nombreuses poules importées, a parfois déterminé leur mort.

En décembre 1910, un de nos anciens élèves de l'Institut de Médecine coloniale (promotion 1908), le D[r] Broussais, découvrait à Nhatrang (Indo-Chine) un *Plasmodium* de la poule et réussissait à l'inoculer à d'autres oiseaux de la même espèce. De passage à Paris, il offrit un très beau frottis

d'une infection expérimentale qui fut déposé dans les collections du laboratoire de Parasitologie. C'est ce frottis unique qui me permet, aujourd'hui,



Plasmodium gallinaceum n. sp. — A et B, groupe d'hématies montrant les altérations chromatiques des noyaux des hématies infectées. De 1 à 12, infections simples ou multiples des hématies par des trophozoïtes et des schizontes à divers stades d'évolution; en 10, 11, 12, les mérozoïtes sont formés; 13, 14, 15, gamètes mâles; 16, 17, 18, gamètes femelles; 18, gamète femelle dans une hématie anucléée.

de décrire ce nouveau parasite, qui doit être d'ailleurs très rare en Indo-Chine, puisqu'il n'a été observé ni par Mathis et Leger (1918) qui ont examiné à Hanoï plus de 183 poules, ni par R. Sauvel, vétérinaire qui a bien voulu examiner sur ma demande environ 150 poules, à Nhatrang, en 1929.

La figure ci-dessus donne une idée précise de ce nouveau *Plasmodium*

dont l'échelle permet d'évaluer les dimensions aux divers stades de son évolution. Les grains de pigment assez grossiers sont en nombre variable suivant le volume des parasites. Le nombre des mérozoïtes varie suivant la taille des schizontes, il peut osciller entre 8 et 30, peut-être même 32. Les formes sexuées se distinguent des schizontes par la coloration bleue nette des éléments femelles et la coloration rose des éléments mâles ainsi que par la dissémination des grains de pigment dans tout leur cytoplasme. Les hématies parasitées se colorent mal et leur noyau toujours déplacé est compact au lieu de présenter des taches de chromatine comme les noyaux des hématies normales. Parfois, mais assez rarement (*fig.* 18), le noyau a été éliminé du globule rouge.

Identification. — Aucune expérience de transmission n'a été faite avec ce *Plasmodium* à d'autres espèces animales que la poule. Par contre, la non réceptivité de cet oiseau vis-à-vis de plusieurs *Plasmodium* aviaires permet d'affirmer l'individualité du *Plasmodium gallinaceum*. En effet, R. Manwell (1933), inoculant la poule avec les *Plasmodium : relictum*, *cathemerium*, *circumflexum*, *rouxi* et *elongatum*, a observé une survie de quelques jours seulement des trois premières espèces chez cet animal. D'autre part Schurmann (1929) n'a pu transmettre à la poule, ni un *Plasmodium* d'une alouette de Java (*Mirafra javanica*), ni un autre d'un passereau (*Ploceus manjar*). Enfin, c'est sans succès que j'ai inoculé quatre poulets de 4 mois environ avec une souche allemande de *Plasmodium relictum* venant du laboratoire de Fourneau ainsi qu'un *Plasmodium* que j'ai isolé de la perdrix grise (*Perdix cinerea*) et que j'ai pu transmettre au canari.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'ultravirus de la lèpre murine.* Note de Mlle **Nine Choucroun** et M. **Maurice Peltier**, présentée par M. F. Mesnil.

En s'inspirant des travaux faits sur l'ultra-virus tuberculeux et des résultats obtenus chez le cobaye par l'inoculation de filtrats de bacilles de Koch, Markianos [1], en 1929, parvint à transmettre la lèpre murine au rat blanc à partir de filtrats de bacilles de Stéfansky injectés sous la peau de la région inguinale. Au bout de 4 à 5 mois, il observait une hypertrophie des

---

(1) *Bull. Soc. Path. Exot.*, 22, 1929, p. 410, 537, 758, 896.

ganglions correspondants et la ponction de ces organes permettait de déceler la présence de bacilles acido-résistants.

Markianos avait alors conclu à l'existence d'un ultravirus de la lèpre murine.

Cette conception, comme celle de l'ultra-virus tuberculeux, reposait essentiellement sur l'hypothèse que les filtres employés arrêtent nécessairement *tous* les bacilles d'une émulsion et ne laissent passer que les éléments ultra-microscopiques.

Or des bacilles tuberculeux ont pu être mis en évidence dans les filtrats, soit par centrifugation rapide (1), soit plus récemment par électrophorèse, qui permet un rassemblement des particules chargées sur le trajet de l'électrode qui les attire. C'est ainsi que Plotz (2) a pu, avec l'aide de l'un de nous, montrer nettement la préexistence, dans les filtrats pathogènes pour le cobaye, de bacilles acido-résistants typiques.

Nous nous sommes alors demandé si les filtrats de la lèpre murine ne contenaient pas, eux aussi, des bacilles et nous avons cherché à les concentrer par électrophorèse.

Des produits de broyage de ganglions ou d'organes de rats lépreux ont été préparés. Nous les avons soumis, après addition d'eau distillée, à une centrifugation de 3 minutes pour sédimentation des plus gros fragments tissulaires. Après décantation, le liquide surnageant était centrifugé à 9000 tours par minute pendant trois quarts d'heure. Le culot obtenu, finement broyé dans un ballon à billes de verre, était repris dans 200 à 300$^{cm^3}$ d'eau distillée de façon à obtenir un degré photométrique de 30 à 40 dans l'appareil de Vernes. On ajoutait alors dans le milieu une émulsion de virus Danysz, provenant d'une culture de 24 heures sur gélose, pour s'assurer de l'étanchéité de la bougie.

Nous avons toujours utilisé des bougies Chamberland neuves L2 et L3. La filtration n'a jamais duré plus de 20 minutes sous une dépression de 20^{cm} de mercure.

Chaque filtrat était ensemencé en bouillons, et tous les tubes d'épreuve sont restés stériles. De plus, on inoculait ces filtrats à des rats blancs afin de contrôler leur action pathogène.

Les expériences ont été faites avec l'appareil décrit par l'un de nous (3).

---

(1) Martoatmadjo, *Thèse*, Leiden, 1931. Walter et Sweeney, *Journ. Infect. Diseases*, 54, 1934, p. 182.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 387.

(3) N. Choucroun, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 777.

Chaque essai a porté sur 30$^{cm^3}$ de filtrat soumis à un champ de 40 volts/cm pendant une heure et demie. L'appareil était plongé dans de l'eau glacée et la température du liquide soumis à l'électrophorèse n'a jamais dépassé 15°. Après le passage du courant, on prélevait à l'anode et à la cathode 1$^{cm^3}$ de liquide qu'on étalait et desséchait sur des lames neuves. On recherchait alors la présence de bacilles acido-résistants.

Sur 6 filtrats ainsi traités, 4 ont donné un résultat positif à l'anode. Les bacilles sont toujours en petit nombre et il faut chercher parfois pendant plusieurs heures pour en trouver seulement quelques-uns. Cependant, nous avons pu en compter 50 sur une lame et 20 sur une autre.

Le passage des bacilles à travers le filtre semble bien lié à la nature de l'émulsion. Dans trois de nos expériences, l'émulsion étudiée a été partagée en deux parties filtrées à travers des bougies différentes. Les résultats obtenus avec les filtrats de même provenance ont toujours été comparables : tous deux négatifs dans un cas, tous deux très positifs dans un autre cas, l'un négatif et l'autre faiblement positif dans le troisième cas.

Ces résultats nous permettent d'affirmer que certains bacilles de Stefansky passent à travers des bougies Chamberland L2 et L3.

Les bacilles trouvés dans nos filtrats nous paraissent expliquer les lésions produites sur le rat blanc par l'ultravirus lépreux de Markianos.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'ultraviolet facteur de révélation de l'avitaminose* A. Note de MM. **G. Mouriquand**, **J. Rollet** et **M. Courbières**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons antérieurement montré qu'il était possible de diagnostiquer, grâce au biomicroscope avec éclairage à fuite de Gullstrand, les lésions oculaires de l'avitamose A expérimentale, bien avant l'apparition des signes classiques de la xérophtalmie.

Chez le rat soumis au régime carencé en vitamine A, ces signes oculaires classiques apparaissent vers le 43e ou 48e jour; le biomicroscope permet d'affirmer le début de la lésion oculaire vers le 30e ou 35e jour.

Nous nous sommes démandé si avant même que s'installent ces signes biomicroscopiques, le terrain oculaire n'était pas déséquilibré par l'avitaminose, déséquilibre pouvant se manifester par des réactions de défense affaiblie vis-à-vis de certains agents pathogènes.

Les scarifications de la cornée ne nous ayant pas paru convenir (car elles sont causes d'infection), nous avons comparé les réactions de défense cornéennes vis-à-vis de mêmes doses d'ultraviolet chez des animaux de même âge (et de même portée) soumis ou non à la carence en vitamine A.

La légère brûlure oculaire provoquée par l'ultraviolet ([1]) chez le rat à régime équilibré (dont l'évolution est suivie au biomicroscope) guérit spontanément en 3 ou 4 jours. (Au 2e jour : trouble grisâtre des plans superficiels, buée épithéliale, exulcération localisée à la partie supérieure de la cornée avec œdème des plans profonds.)

Chez l'animal carencé les résultats sont différents suivant le moment de l'irradiation oculaire.

Au 14e jour de la mise au régime carencé la cicatrisation se fait rapidement comme chez l'animal normal. Il en est de même au 19e jour.

Par contre dès le 24e jour (6 à 10 jours avant l'installation de lésions oculaires biomicroscopiques) l'évolution de la brûlure superficielle par U. V. est différente. Au 2e jour elle est beaucoup plus marquée que chez l'animal non carencé (cornée complètement opaque; large ulcère tendant à la perforation; exsudats dans la chambre antérieure). Puis ces lésions s'améliorent plus ou moins mais elles ne guérissent jamais et des lésions de xérose typiques, plus accentuées que normalement et d'apparition plus précoce, ne tardent pas à se superposer à ces lésions de brûlure.

Par ailleurs, dans la plupart des cas, l'œil non irradié présente, quelques jours après l'irradiation de l'autre œil, des lésions biomicroscopiques précoces, encore absente, à ce moment chez les carencés non irradiés.

En somme avant même l'apparition des signes biomicroscopiques spontanés, observés vers le 32e jour de l'avitaminose A, existe une période de dystrophie inapparente de l'œil que révèle nettement de l'U. V., à partir du 24e jour environ.

L'U. V. précipite non seulement l'apparition des troubles de l'œil irradié, mais (probablement par sympathie) déclenche l'apparition prématurée de lésions biomicroscopiques sur l'œil protégé.

([1]) Chez tous nos animaux on pratique l'irradiation avec une lampe à vapeur de mercure Gallois, type X, placée à 60cm de l'œil de l'animal. La durée de l'irradiation est de 6 minutes.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action de l'injection sous-cutanée d'eau contre des doses mortelles de venin de serpents.* Note (¹) de M. **Étienne Sergent**, présentée par M. F. Mesnil

Lorsqu'on immunise des animaux contre le venin de serpents, les anticorps dont on provoque la formation sont spécifiques, ou tout au moins génériques. C'est pour cette raison que, dans la pratique, on prépare un sérum contre le venin des vipères d'Europe (sérum ER), un sérum contre le venin des vipères de l'Afrique du Nord (sérum AN), etc.

Nous avons constaté que, par un mécanisme tout différent de celui des sérums spécifiques, une simple injection d'eau dite physiologique exerce une action empêchante marquée sur les effets de ces venins.

Les expériences ont été faites avec du venin de vipères à cornes (*Cerastes cornutus* L. et *Cerastes cornutus var. mutila* Nob.) de l'Afrique du Nord, conservé desséché, redissous au moment de l'emploi et injecté sous la peau à des souris blanches, toutes du même élevage.

La dose minima mortelle pour une souris de 20^g est de 0^g,00016 de venin sec, dissous dans 5 gouttes d'eau physiologique (à 9^g de NaCl par litre).

On injecte sous la peau de 577 souris plusieurs doses mortelles de venin de vipères à cornes. On partage les souris en quatre lots, dont l'un sert de témoin et les trois autres sont traités.

Les 174 souris du lot témoin meurent toutes dans un délai moyen de 2 heures.

Pour les souris des trois autres lots, nous disons que la mort est *retardée* quand elle survient avec un retard de quelques heures ou de quelques jours sur la mort des témoins. Nous disons qu'il y a *survie* quand les souris sont parfaitement bien portantes plus de 8 jours après l'injection de venin.

Les trois lots traités (²) reçoivent, dans les minutes qui suivent l'injection de venin, et en un point différent du corps de la souris :

le deuxième lot, 10 gouttes de sérum AN (³);
le troisième lot, 10 gouttes de sérum ER;
le quatrième lot, 10 gouttes d'eau physiologique.

(¹) Séance du 18 février 1935.

(²) On a vérifié, au préalable, qu'une souris de 20^g peut supporter l'injection sous-cutanée de 40 gouttes d'eau physiologique.

(³) La dose de 10 gouttes de sérum AN est la dose optima. Elle agit mieux qu'une dose de 5 gouttes ou qu'une dose de 30 gouttes.

Le tableau suivant montre les résultats :

	Survie.	Mort retardée.	Mort. rapide.
Sérum AN (151 souris)............	39 %	56 %	5 %
Sérum ER (101 souris)...........	34	56	10
Eau (151 souris)..................	16	67	16
Témoins (174 souris).............	0	0	100

Il semble bien que l'eau agit en diluant simplement le venin avant qu'il ait eu le temps d'imprégner les cellules de l'organisme. Des injections d'eau distillée agissent comme celles d'eau salée à 9 pour 1000. Les solutions salées hypertoniques agissent moins bien. Du sérum normal de cheval n'agit pas mieux que l'eau physiologique.

Dans des expériences sur le venin des scorpions, on a observé la même action empêchante de l'eau contre les effets du venin.

En résumé, à ne considérer que les résultats *quoad vitam*, dans les conditions très sévères de l'expérience (injection de plusieurs doses mortelles), le sérum spécifique a sauvé 12 sujets sur 30, un sérum actif contre le venin d'autres vipères a sauvé 10 sujets sur 30, et l'eau physiologique a sauvé 5 sujets sur 30.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *De la cuti-vaccination des souris contre le sarcome*. Note de MM. **Alexandre Besredka** et **Ludwik Gross**, présentée par M. F. Mesnil.

Dans une Note [1] consacrée au rôle de la porte d'entrée dans l'évolution du sarcome de la souris, nous avons montré que cette tumeur se comporte différemment suivant qu'elle est inoculée sous la peau ou dans la peau; tandis que l'inoculation sous-cutanée est suivie de l'apparition d'une tumeur à marche progressive, toujours mortelle, l'inoculation intracutanée évolue le plus souvent vers la guérison si la dose inoculée n'est pas massive. Dans ce dernier cas, on voit apparaître un nodule sarcomateux, enclavé dans la peau; ce nodule augmente de volume jusqu'à atteindre les dimensions d'un

---

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 175.

pois ou d'un grain de café, puis il subit une régression et se recouvre d'une croûte qui finit par s'éliminer [1].

Fait remarquable, ces souris, dès qu'elles sont guéries de leur tumeur intracutanée, ne sont plus capables de contracter le sarcome; dans le cas où la réinoculation est faite dans la peau, celle-ci diffère à peine de la peau d'un animal ayant reçu une émulsion de tissu normal; dans le cas où la réinoculation est faite sous la peau, l'animal conserve son aspect habituel et le palper ne révèle rien d'anormal. En d'autres termes, les souris ayant réagi à l'injection intracutanée d'émulsion sarcomateuse par un nodule caractéristique, ayant disparu dans la suite, deviennent réfractaires à la réinoculation de sarcome.

Nous n'avons observé un état réfractaire semblable ni à la suite de l'injection d'organes (foie, rate, sang, poumons, cerveau, reins) de souris neuves, ni à la suite de l'injection de tissu sarcomateux inactivé par la chaleur, les antiseptiques, l'agitation prolongée, ni à la suite de l'injection antérieure d'une émulsion trop peu chargée, restée de ce fait négative. On ne saurait donc invoquer ici l'hypothèse de panimmunité ou d'immunité athreptique, au sens d'Ehrlich.

La protection consécutive à la cuti-vaccination est-elle définitive? un recul suffisant de temps nous manque pour l'affirmer. Nous inclinons à croire, jusqu'à preuve du contraire, que nous sommes en présence d'une immunité spécifique, pareille à celle que l'un de nous [2] a décrite chez le cobaye à la suite de la cuti-vaccination contre le charbon.

Voici, pour fixer les idées, deux de nos expériences :

1° Quatre souris sont inoculées *dans* la peau, la première fois le 4 janvier. Les tumeurs apparaissent le 12 janvier. Celles-ci ayant complètement disparu le 2 février, on procède à une deuxième inoculation *dans* la peau; le résultat est négatif. Le 13 février, on procède à une troisième inoculation *dans* la peau, en deux points différents, le résultat reste négatif.

En même temps, c'est-à-dire le 13 février, on inocule dix souris témoins

---

(1) Nous reviendrons sous peu avec détails sur la question des doses; ici notons seulement que l'injection dans la peau d'une émulsion sarcomateuse très chargée donne naissance à une tumeur de même nature, qui ne disparaît pas; cette dernière atteint les dimensions d'une noisette; elle s'ulcère et la souris succombe, souvent au bout de six à huit semaines, à une infection secondaire.

(2) A. Besredka, *Ann. Inst. Pasteur*, 35, 1921, p. 421.

dans la peau dans les mêmes conditions; sur les dix souris, neuf ont déjà des tumeurs en pleine évolution le 19 février.

2° Cinq souris sont injectées *dans* la peau le 16 janvier; les tumeurs intracutanées ont apparu vers la fin du mois; elles n'existaient plus au moment de l'inoculation *sous* la peau qui eut lieu le 8 février. Aucune des cinq souris cuti-vaccinées ne présente de tumeur le 25 février, alors que dix souris témoins, inoculées dans les mêmes conditions que les précédentes, ont présenté, toutes, dès le 15 février, des tumeurs caractéristiques qui ont atteint rapidement le volume d'une grosse noix.

Il ressort de ces expériences, ainsi que d'autres semblables, qu'en vaccinant, chez les souris, électivement les cellules de la peau, on leur confère une cuti-immunité, et nous avons tout lieu d'espérer qu'on les préserve de la sorte contre le sarcome à évolution mortelle.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h15m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 11 février 1935.)

Élection de M. *Charles Poisson :*

Page 508, ligne 12, *au lieu de* Section de Botanique, *lire* Section de Géographie et Navigation.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 MARS 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur M.* THEOBALD SMITH, par M. **EMMANUEL LECLAINCHE.**

Né à Albany, dans l'État de New-York, le 31 juillet 1859, Theobald Smith est docteur en médecine de l'Albany Medical School en 1883. Attaché comme assistant, puis comme chef de section au Bureau de l'Industrie animale de Washington, il est en même temps professeur à la Columbia University de 1885 à 1896. Il abandonne ces situations pour occuper à la Harvard University de Boston la chaire de zoologie appliquée et de pathologie comparée et diriger le Laboratoire des antitoxines et vaccins du Conseil de santé du Massachusetts. Dès la fondation de l'Institut Rockefeller de New-York pour la recherche médicale, Smith est appelé à diriger à Princeton le service des maladies animales. Il est vice-président du Conseil de direction scientifique en 1924 et président en 1933.

Les travaux de Smith s'appliquent à la bactériologie, à l'immunologie, à la parasitologie et à l'histopathologie; ils aboutissent dans tous ces domaines à des découvertes d'une importance capitale.

En 1884, avec Salmon, il démontre la présence habituelle dans le choléra du porc d'une bactérie paratyphique pathogène, que l'on sait aujourd'hui ne jouer qu'un rôle secondaire dans l'évolution provoquée par un virus filtrant. Pour la première fois, la démonstration est apportée qu'un état d'immunité peut être conféré par l'inoculation des bactéries tuées, notion féconde qui devait être largement utilisée par la suite.

De 1889 à 1893, Smith étudie avec Kilborne la fièvre du Texas, importée

de l'Amérique du Sud, qui cause des pertes énormes dans les États du Sud-Ouest. Il montre qu'elle est due à un protozoaire vivant dans les hématies et que ce pirosome, ou piroplasme, joue chez l'animal le même rôle que le plasmodium de Laveran chez l'homme. La découverte est d'un intérêt capital au point de vue scientifique, mais elle ne résoud nullement le problème de la prophylaxie. La recherche d'un vaccin paraît vaine, alors que les parasites persistent indéfiniment dans les organismes parasités. L'observation montre que la contagion directe ne joue pas un rôle appréciable dans l'étiologie; le virus doit donc être apporté par un intermédiaire et l'étroite localisation géographique de la maladie semble indiquer qu'il s'agit d'un vecteur animé, présent seulement sous certaines latitudes. Smith et Kilborne établissent, par une série d'ingénieuses recherches, que le convoyeur des Piroplasmes est une tique (*Boophilus annulatus*). Celle-ci passant toute son existence sur un même animal, ce sont les tiques filles, nées d'œufs parasités rejetés dans le milieu extérieur, qui, implantées sur un nouvel hôte et parvenues à l'âge adulte, ou tout au moins à l'état de nymphes, provoqueront l'inoculation du piroplasme et l'évolution de la piroplasmose. La prophylaxie doit donc consister en la destruction des gîtes qui abritent les tiques nées à l'état libre. C'est cette méthode qui a été et est encore appliquée avec succès dans les régions envahies des États-Unis.

En 1893, Smith aborde le problème de la tuberculose; il confirme la différenciation des bacilles tuberculeux de l'homme et du bœuf par l'étude de leur virulence, et il insiste sur la pluralité des races du bacille.

Ses études sur l'immunobiologie portent sur la formation des toxines et des antitoxines diphtérique et tétanique (1895). Il remarque la sensibilisation des cobayes par une première inoculation de sérum à l'égard d'une inoculation consécutive (phénomène de Smith), découvrant ainsi l'anaphylaxie sérique.

En 1894, il montre qu'une « maladie spéciale » est provoquée chez les cobayes nourris de graines, à l'exclusion d'aliments verts, et que l'on réalise ainsi un scorbut expérimental par carence de la vitamine C.

De 1910 à 1920, Smith étudie la typhlo-hépatite des dindons (Blackhead), due à un protozoaire (*Histomonas meleagridis*); la maladie est provoquée par l'ingestion d'œufs fécondés d'*Heterakis papillosa*, les nématodes ouvrant une porte d'entrée aux flagellés dans la muqueuse intestinale.

Étudiant l'avortement épizootique à bacille de Bang, Smith constate que des spirilles (*Vibrio fœtus*) sont capables de provoquer le même acci-

dent et que l'on peut provoquer expérimentalement l'expulsion prématurée des fœtus par l'inoculation de cultures pures.

La prophylaxie de la tuberculose par la « méthode de Bang », comportant la séparation des nouveau-nés de leur mère immédiatement après l'accouchement, entraîne souvent une série d'accidents mortels que la privation du colostrum ne suffit pas à expliquer. Smith établit que le lait colostral renferme des substances protectrices accumulées pendant les dernières périodes de la lactation; ces immunisines, produites chez la mère par les germes pathogènes tolérés par un organisme vacciné, procurent au nouveau-né un état passager d'immunité (immunité transmise) qui lui permet de traverser sans trop de risques la période du premier âge. Cette conception originale, applicable à toutes les espèces de mammifères et à l'homme, a été à peine entamée par la suite; elle explique seule des faits courants d'observation et elle comporte des indications simples et précises.

Smith eut à Princeton de nombreux élèves, venus de toutes les parties du monde pour s'initier à ses méthodes et bénéficier de ses conseils. Tous vantent la cordialité de son accueil et le charme de son commerce. Le Rockefeller Institute a donné le nom de Smith au bel édifice destiné à recevoir les travailleurs étrangers. Le *Theobald Smith's Club*, si accueillant, avec ses vues sur le lac Carnegie et sur la masse imposante des laboratoires de Princeton, évoquera pour ses hôtes le souvenir d'un savant aussi grand que modeste.

Smith reçut tous les honneurs qui peuvent être décernés à un homme de science. En 1933, en même temps que la Société Royale de Londres le nommait membre associé, l'Académie des Sciences le désignait comme Correspondant. Nous savons qu'il fut particulièrement sensible à cet hommage.

Smith est mort, à Princeton, le 10 décembre 1934, après une courte maladie.

En faisant hommage à l'Académie de la deuxième édition du livre de M. Émile Sevin, intitulé *Gravitation, lumière et électromagnétisme*, dont il a écrit la *Préface*, M. **Maurice d'Ocagne** dit que, dans la première édition, datant de 1930, l'auteur se bornait à étudier l'univers statique. En plus du texte de cette première édition, la nouvelle renferme la reproduction de Notes parues depuis lors dans les *Comptes rendus* et qui sont consacrées, les

unes à des compléments relatifs à l'univers statique, et les autres, plus nombreuses que les précédentes, à l'univers dynamique. Ces Notes aboutissent à une explication des plus plausibles, d'une part, du rayonnement cosmique, et, d'autre part, du déplacement vers le rouge des raies spectrales des nébuleuses. D'après cette théorie de M. Sevin, strictement conforme aux principes de la thermodynamique, l'univers tend vers un état final caractérisé par un maximum de l'entropie qu'elle atteint en croissant d'une façon continue.

M. **Niels Erik Nörlund** fait hommage à l'Académie de la première partie d'un Mémoire intitulé *Seismische Feldarbeiten in Dänemark durchgeführt vom Geodätischen Institut in den Jahren* 1932-1933.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Étude sur l'évolution des méthodes modernes d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre*, par N. Saltykow.

2° *Alimentation en eau des villes. Évacuation des eaux usées et des eaux résiduaires*. Livre I. *Épuration des eaux et assainissement des cours d'eau*, par M. Diénert. (Présenté par M. Gabriel Bertrand.)

M. **Armand Lambert** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante dans la Section d'Astronomie par le décès de M. *Benjamin Baillaud*.

M. **Roger Heim** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1934.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les dérivées des noyaux de Mercer.* Note [1] de M. **Mark Krein**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous appelons *noyau de Mercer* un noyau continu symétrique et réel $K(x, \xi)\,(a \leqq x,\ \xi \leqq b)$ si l'équation intégrale

$$\varphi(x) - \lambda \int_a^b K(x, \xi)\, \varphi(\xi)\, d\xi = 0$$

n'a qu'un nombre fini de valeurs caractéristiques négatives.

Si $K(x, \xi)$ est un noyau de Mercer, alors, quelle que soit la fonction monotone croissante $\sigma(x)$, l'équation intégrale *chargée*

$$\text{(A)} \qquad \varphi(x) - \lambda \int_a^b K(x, \xi)\, \varphi(\xi)\, d\sigma(\xi) = 0$$

aura le même nombre des valeurs caractéristiques négatives.

Pour l'équation *chargée* (A) à un nombre fini de valeurs caractéristiques négatives reste valable le théorème de Mercer :

La série bilinéaire

$$\frac{\varphi_1(x)\,\varphi_1(\xi)}{\lambda_1} + \frac{\varphi_2(x)\,\varphi_2(\xi)}{\lambda_2} + \ldots,$$

formée au moyen du système complet normal

$$\varphi_1, \quad \varphi_2, \quad \ldots, \quad \varphi_n, \quad \ldots, \quad \left(\int_a^b \varphi_i(x)\, \varphi_k(x)\, d\sigma(x) = \begin{cases} 1 & i = k \\ 0 & i \neq k \end{cases} \right)$$

de fonctions fondamentales φ_i *de l'équation* (A), *converge absolument et uniformément vers* $K(x, \xi)$ [2].

Nous voulons ajouter à cette proposition le théorème suivant :

Théorème I. — *Si le noyau de Mercer* $K(x, \xi)$ *possède les dérivées continues*

$$\frac{\partial^{p+q} K(x, \xi)}{\partial x^p\, \partial \xi^q} \qquad (p, q = 0, 1, 2, \ldots, m),$$

---

[1] Séance du 28 janvier 1935.

[2] Voir A. Kneser, *Belastete Integralgleichungen* (*Rendiconti di Palermo*, **37**, 1914, p. 195), où ce théorème est démontré pour le cas où la fonction $\sigma(x)$ a une structure spéciale ; le cas général peut être traité de la même manière.

alors pour ces dérivées ont lieu les développements

$$\frac{\partial^{p+q} K(x, \xi)}{\partial x^p \partial \xi^q} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\varphi_i^{(p)}(x)\, \varphi_i^{(q)}(\xi)}{\lambda_i} \qquad \left(p,\ q = 0, 1, 2, \ldots, m;\ \varphi^{(k)}(x) = \frac{d^k\varphi}{dx^k}\right)$$

absolument et uniformément convergents dans le carré $(a \leqq x,\ \xi \leqq b)$.

Nous fondons la démonstration de ce théorème sur les deux propositions suivantes :

Théorème 2. — *Quelle que soit la fonction continue* $\alpha(x)$ $(a \leqq x \leqq b)$, *l'équation intégrale*

$$\text{(B)} \qquad \varphi(x) = \lambda \int_a^b K^*(x, \xi)\, \varphi(\xi)\, d\sigma(\xi),$$

où $K^*(x, \xi) = K(x, \xi) - \alpha(x)\alpha(\xi)$, $K(x, \xi)$ *étant un noyau de Mercer, a autant de valeurs caractéristiques négatives ou une de plus que l'équation* (A).

Le premier cas se présente alors et alors seulement que $\alpha(x)$ *vérifie les deux conditions suivantes :*

1° $\alpha(x)$ *est développable en une série uniformément convergente de fonctions fondamentales de l'équation* (A)

$$\varphi(x) = \alpha_1 \varphi_1(x) + \alpha_2 \varphi_2(x) + \ldots \qquad \left[\alpha_i = \int_a^b \alpha(x)\, \varphi_i(x)\, d\sigma(x)\ \ (i = 1, 2, 3, \ldots)\right].$$

2° *Les coefficients de Fourier* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots$ *de cette série vérifient l'inégalité*

$$\sum_{i=1}^{\infty} \lambda_i \alpha_i^2 \leqq 1.$$

Théorème 3. — *Si le noyau positif* $K(x, \xi)$ *possède des dérivées continues*

$$K_{pq}(x, \xi) = \frac{\partial^{p+q} K(x, \xi)}{\partial x^p \partial \xi^q} \qquad (p,\ q = 0, 1, 2, \ldots, m),$$

alors, pour tout c, dans l'intervalle (a, b), *la forme quadratique*

$$\sum_{p,q=0}^{m} K_{pq}(c, c)\, \xi_p \xi_q$$

est une forme non négative.

Si un mineur principal quelconque

$$\Delta = \begin{vmatrix} K_{p_1 p_1}(c, c) & K_{p_1 p_2}(c, c) & \ldots & K_{p_1 p_r}(c, c) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ K_{p_2 p_1}(c, c) & K_{p_2 p_2}(c, c) & \ldots & K_{p_2 p_r}(c, c) \end{vmatrix} \qquad (0 \leqq p_1 < p_2 < \ldots < p_r < m)$$

de la matrice de la forme est différent de zéro, le noyau

$$M(x, \xi) = \frac{1}{\Delta} \begin{vmatrix} K(x, \xi) & K_{0p_1}(x, c) & \ldots & K_{0p_2}(x, c) \\ K_{p_1 0}(c, \xi) & & & \\ \ldots\ldots\ldots & & \Delta & \\ K_{p_2 0}(c, \xi) & & & \end{vmatrix}$$

est aussi un noyau positif (1).

Le théorème 2 s'établit au moyen de la formule

$$\frac{D^*(\lambda)}{D(\lambda)} = 1 + \lambda \int_a^b \alpha^2(s)\, d\sigma(s) + \lambda^2 \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\alpha_i^2}{\lambda_i - \lambda},$$

où $D(\lambda)$ et $D^*(\lambda)$ désignent les déterminants de Fredholm des équations (A) et (B) respectivement.

Le théorème 3 s'obtient au moyen des inégalités bien connues de Mercer $K\begin{pmatrix} s_1 & s_2 & \ldots & s_n \\ s_1 & s_2 & \ldots & s_n \end{pmatrix} \geqq 0$, qui forment les conditions nécessaires et suffisantes pour que le noyau $K(x, \xi)$ soit positif.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la croissance des fonctions satisfaisant aux équations aux dérivées partielles linéaires et du second ordre.* Note de M. **A. Tiemlakoff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Pour étudier les solutions de certaines équations aux dérivées partielles $E(F) = 0$, on peut faire correspondre à toute solution F d'une telle équation une fonction $f(\zeta) = P(F)$ analytique d'une variable complexe (2). Dans le cas d'une solution entière F de $E(F) = 0$, la fonction correspondante sera aussi une fonction entière d'une variable complexe. La question se pose à savoir quelle est la relation entre la croissance de f et de F (celle-ci considérée comme *fonction des variables réelles*).

En utilisant les résultats des travaux indiqués de M. Bergmann, nous

(1) Pour plus de détails, voir le travail de l'auteur : *Sur les équations différentielles et intégrales à nombre fini de valeurs caractéristiques négatives*, actuellement sous-presse dans le *Bull. de l'Acad. des Sciences de U. R. S. S.* (en russe).

(2) Voir à ce sujet les Mémoires de M. Bergmann, *Mathem. Zeitschrift*, 24, 1926, p. 641-669; *Mathem. Annalen*, 99, 1928, p. 629-659; 101, 1929, p. 534-558 et *Mathem. Zeitschrift*, 32, 1930, p. 386-406.

avons trouvé pour certaines équations $E(F)=0$ des relations entre ces croissances.

I. Considérons les fonctions harmoniques de révolution $F(x, r)$, $(r^2=y^2+z^2)$ qui satisfont à l'équation

$$E(F)\equiv \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 F}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial F}{\partial r}=0.$$

A la fonction F on fait correspondre la fonction analytique

$$f(\zeta)=P(F)=F(\zeta, 0) \quad (^1).$$

La fonction F s'exprime alors par la formule

$$F(x, r)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(x+ir\cos t)\,dt.$$

D'après M. Bergmann, on peut exprimer $f(\zeta)$ à l'aide de la fonction F en n'utilisant que les valeurs de celle-ci dans le domaine réel.

On peut écrire notamment

$$f(\zeta)=P(F)=-\int_0^1\left\{\frac{F\left[x, 2r\sqrt{T(1-T)}\right]+i.8\left[\sqrt{T(1-T)}\right]^3 F_1\left[x, 2r\sqrt{T(1-T)}\right]}{(1-2T)^2}\right\}dT$$
$$(\zeta=x+ir),$$

où

$$F_1(x, r)=-\frac{1}{R}\int_0^R \frac{dF(R\cos\theta, R\sin\theta)}{d\theta}\,dR \qquad (x=R\cos\theta,\ r=R\sin\theta) \quad (^2).$$

Supposons maintenant que $F(x, r)$ soit une fonction entière. Ceci entraîne que $f(\zeta)$ est également entière. Introduisons alors l'ordre apparent de $\lambda(F)$, donné par

(1) $$\lambda(F)=\overline{\lim_{R\to\infty}}\frac{\log\log\mu(R)}{\log R}, \qquad \mu(R)=\max_{x^2+r^2=R^2}|F(x, r)|.$$

On a alors la relation

(2) $$\lambda(F)=\lambda(f),$$

où $\lambda(f)$ est l'ordre apparent de f au sens habituel.

II. Considérons maintenant une solution $F(x, y)$ de l'équation

$$E(F)\equiv \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 F}{\partial y^2}+F=0.$$

---

(1) A cet effet, on prolonge la fonction $F(x, 0)$ pour les valeurs complexes de x.

(2) Remarquons qu'on a $iF_1(x, r)=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} f(x+ir\cos t)\cos t\,dt$.

La fonction $f(\zeta) = P(F)$ est donnée ici par la formule

$$f(\zeta) = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} F(r\cos\varphi, r\sin\varphi)\, K(\zeta e^{-i\varphi}, r)\, d\varphi$$

pour $|\zeta| < r$, $I_n(r) \neq 0$, où

$$K(\zeta e^{i\varphi}, r) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\zeta^n e^{-in\varphi}}{\Gamma\left(n+\frac{1}{2}\right) I_n(r)},$$

et $I_n(r)$ est la fonction de Bessel de première espèce d'ordre n. Inversement, on a

$$F(x, y) = \int_0^{\pi} e^{ir\cos t}\, \mathbf{Re}\left[f\left(z\,\frac{\sin^2 t}{2}\right)\right] dt, \qquad \text{où} \qquad z = re^{i\varphi} = x + iy.$$

En supposant que $F(x, y)$ est une fonction entière, on trouve que $f(\zeta)$ l'est également et l'on peut introduire $\lambda(F)$ qui est donné comme dans (1) avec $\mu(R) = \max_{x^2+y^2=R^2} |F(x, y)|$. On obtient ici

$$(3) \qquad \lambda(F) \leqq \lambda(f).$$

III. On peut appliquer des raisonnements analogues à d'autres équations aux dérivées partielles en utilisant une représentation intégrale de ces solutions due à M. Hans Lewy (¹).

Les considérations précédentes permettent d'appliquer des théorèmes bien connus sur les fonctions entières (Hadamard, Borel, Valiron, Nevanlinna, etc.). On obtient ainsi une relation entre la distribution des valeurs de la fonction $f(\zeta) = P(F)$ et la croissance de la fonction F *dans le domaine réel.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes orthogonaux.* Note (²) de M. **Alexandre Smohorshewsky**, présentée par M. Émile Borel.

I. Soit $A_m(x)$ le polynome de $m^{\text{ième}}$ degré satisfaisant aux conditions d'orthogonalité

$$(1) \qquad \sum_{i=0}^{u} \Phi(i) A_l(i) A_m(i) = 0 \quad (l \neq m), \qquad = 1 \quad (l = m) \quad (l, m \leqq u),$$

où $\Phi(x)$ est la fonction positive dans les points $x = 0, 1, \ldots, u$.

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 112.

(²) Séance du 11 février 1935.

On peut démontrer que dans chacun des intervalles (0, 1), (1, 2), ..., $(u-1, u)$ est situé au plus un des zéros du polynome $A_m(x)$.

En effet, dans le cas contraire, on pourrait construire le polynome $B(x)$ de degré $\leqq m-2$ tel que

$$B(x) \not\equiv 0, \qquad B(x)\,A_m(x) \geqq 0 \qquad (x = 0, 1, \ldots, u),$$

ce qui contredit au (1).

2. En prenant dans les égalités (1) pour $\Phi(x)$ la fonction de Bernoulli

$$\Phi(x) = \binom{u}{x} p^x (1-p)^{u-x} \quad (x = 0, 1, \ldots, u), \qquad = 0 \quad (x < 0, x > u), \qquad (0 < p < 1),$$

ou la fonction de Pearson

$$\Phi(x) = Q(x, u, n, v) = \frac{\binom{u}{x}\binom{n-u}{v-x}}{\binom{n}{v}} \quad (x = 0, 1, \ldots, u), \qquad = 0 \quad (x < 0, x > u), \qquad (u \leqq v,\ u + v \leqq n),$$

on obtient les polynomes suivants :

$$(2) \qquad \sqrt{\binom{u}{m}^{-1} (pq)^{-m}} \sum_{i=0}^{m} (-1)^i \binom{u-x}{m-i} \binom{x}{i} p^{m-i} q^i \qquad (q = 1-p),$$

$$(3) \qquad \mathcal{C}_m \Delta^m Q(x-m, u-m, n-2m, v-m) : Q(x, u, n, v) \qquad (\mathcal{C}_m = \text{const.}),$$

étudiés par M. Krawtchouk [1]. Ces polynomes peuvent respectivement s'écrire sous la forme

$$(4) \quad \begin{cases} \mathbf{K}_m^{(B)}(x) = \varpi_m \mathbf{k}_m^{(B)}(x) = \varpi_m \Big[1 - \binom{m}{1} \dfrac{x}{pu} + \binom{m}{2} \dfrac{x(x-1)}{p^2 u(u-1)} - \ldots \\ \qquad\qquad + (-1)^m \dfrac{x(x-1)\ldots(x-m+1)}{p^m u(u-1)\ldots(u-m+1)} \Big] \\ \Big[m = 0, 1, \ldots, u;\ \varpi_m = \sqrt{\binom{u}{m}\left(\dfrac{p}{1-p}\right)^m} \Big], \end{cases}$$

---

(1) M. Krawtchouk, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 620; *Bull. de la Classe des Sciences phys. et math. de l'Acad. des Sciences d'Ukraïne*, 5, 1931, p. 11.

et

$$
(5)\quad\left\{\begin{aligned}
\mathbf{K}_m^{(\mathrm{P})}(x) &= \mathcal{E}_m \mathbf{k}_m^{(\mathrm{P})}(x)\\
&= \mathcal{E}_m\Bigg[1-\binom{m}{1}\frac{x(n-m+1)}{uv}\\
&\quad+\binom{m}{2}\frac{x(x-1)(n-m+1)(n-m)}{u(u-1)v(v-1)}-\ldots\\
&\quad+(-1)^m\frac{x(x-1)\ldots(x-m+1)(n-m+1)(n-m)\ldots(n-2m+2)}{u(u-1)\ldots(u-m+1)v(v-1)\ldots(v-m+1)}\Bigg]\\
&\left(m=0,1,\ldots,u;\ \mathcal{E}_m=\sqrt{\frac{\binom{n}{2m}\binom{2m}{m}\binom{u}{m}\binom{v}{m}}{\binom{n-m+1}{m}\binom{n-u}{m}\binom{n-v}{m}}}\right).
\end{aligned}\right.
$$

En effet, on déduit de la formule suivante :

$$\sum_{i=k}^{m}\binom{u-x}{m-i}\binom{x-k}{i-k}=\binom{u-k}{m-k}\qquad(k\leqq m\leqq u),$$

que les coefficients de $\sqrt{\binom{u}{m}^{-1}}(pq)^{-m}p^{n-k}$, dans les expressions (2) et (4), sont identiques.

L'expression, pour le polynome $\mathbf{K}_{m+1}^{(\mathrm{P})}(x)$ $(m=1, 2, \ldots, u-1)$, on déduit par l'induction mathématique de (5) au moyen de (3).

3. On a les propriétés suivantes des polynomes de M. Krawtchouk :

$$\mathbf{k}_l^{(\mathrm{P})}(m)=\mathbf{k}_m^{(\mathrm{B})}(l),\qquad \mathbf{k}_m^{(\mathrm{B})}(u)=\mathbf{k}_u^{(\mathrm{B})}(m)=\left(\frac{p-1}{p}\right)^m,$$

$$\mathbf{k}_m^{(\mathrm{P})}(u)=(-1)^m\frac{\binom{u-v}{m}}{\binom{v}{m}},\qquad \mathbf{k}_u^{(\mathrm{P})}(m)=(-1)^m\frac{\binom{n-u-v+m}{m}}{\binom{v}{m}}$$

$$(l,\ m=0,\ 1,\ \ldots,\ u).$$

En posant

$$\mathcal{F}(\alpha,\beta,\gamma,\delta,\varepsilon,z)=1+\frac{\alpha\beta\gamma}{1!\,\delta\varepsilon}z+\frac{\alpha(\alpha+1)\beta(\beta+1)\gamma(\gamma+1)}{2!\,\delta(\delta+1)\varepsilon(\varepsilon+1)}z^2+\ldots,$$

on obtient

$$\mathbf{k}_m^{(\mathrm{B})}(x)=\mathcal{F}\left(-x,\ -m,\ 1,\ -u,\ 1,\ \frac{1}{p}\right),$$

$$\mathbf{k}_m^{(\mathrm{P})}(x)=\mathcal{F}(-x,\ -m,\ -n+m-1,\ -u,\ -v,\ 1)$$

$$(m\leqq u).$$

CINÉMATOGRAPHIE. — *Sur un cinématographe rapide pour pellicule de 9mm de large, donnant de 1500 à 2000 images par seconde.* Note de M. **Antoine Magnan**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

J'avais en 1931, en collaboration avec M. Huguenard ([1]), donné la description d'un cinématographe fournissant 2000 à 3000 vues par seconde. Cet appareil possédait 4 petits objectifs qui couvraient, sur une pellicule normale de 35mm de largeur, 4 bandes parallèles. Des fentes percées dans un obturateur circulaire placé entre les objectifs et le film démasquaient l'un après l'autre les 4 objectifs. On obtenait ainsi par seconde, en donnant à la bande sensible un déroulement continu de 5 m/sec, jusqu'à 3000 images ayant 6mm,5 × 5mm.

J'avais continué depuis cette époque des recherches sur la cinématographie rapide et j'étais arrivé, à la suite de certaines modifications, à augmenter considérablement, en me servant d'un petit arc, le nombre des images puisque j'étais parvenu à prendre par seconde un peu plus de 12000 vues de 6mm,5 × 5mm ([2]), puis, en employant 8 tout petits objectifs et un obturateur à 20 séries de 8 fentes, 28000 images de 3mm × 2mm ([3]).

En 1934, grâce à un montage à deux objectifs avec obturation à huit séries de deux fentes, j'avais réussi en opérant en plein jour à cinématographier des Insectes volant librement dans la nature à une fréquence allant jusqu'à 2500 vues par seconde dans d'excellentes conditions puisqu'on voyait par exemple nettement la cocarde existant sur les ailes d'une *Vanessa Io* ([4]).

Mais l'intérêt de telles réalisations n'était pas seulement de faire l'analyse de mouvements rapides; il résidait aussi dans l'espoir de pouvoir projeter au grand ralenti, par exemple le mouvement des ailes d'animaux battant à grande fréquence. J'étais d'abord parvenu, en projetant l'une après l'autre et automatiquement chaque image de film négatif obtenue avec 4 objectifs sur une pellicule positive pour vue normale de 18mm × 24mm, à avoir des projections présentables qui ont été faites en 1931 au Collège de France.

([1]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1370.

([2]) Magnan, *Cinématographie jusqu'à* 12000 *vues par seconde* (*Exp. de morph. dyn. et de Mécanique du mouvement*, n° 3, Paris, 1932, p. 8).

([3]) Magnan, *Le vol des Insectes*, Paris, 1934, p. 51.

([4]) Magnan, *Le vol des Insectes*, Paris, 1934, p. 55.

Pour échapper à des manipulations compliquées et longues, j'ai pensé ensuite à réaliser un appareil de prises de vues à grande vitesse donnant des films susceptibles d'être projetés directement. Pour cela j'ai fait établir et mis au point avec l'aide de M. Chifflot un cinéma utilisant la pellicule pour vue de $9^{mm} \times 7^{mm},5$. Celui-ci possède un train d'engrenage qui fait tourner les roues brochées de manière à donner au film une vitesse de déroulement allant jusqu'à 15^{m} par seconde.

La première roue qui assure un déroulement continu de la pellicule est munie de 20 dents médianes engrenant dans les perforations d'un film de Pathé-Baby; cette roue tourne à une vitesse atteignant 100 tours par seconde par l'action d'une manivelle à main qui commande tout le système multiplicateur.

Devant la fenêtre limitant les dimensions des images tourne un obturateur, dont la rotation est liée à celle de la roue brochée d'entraînement. Cet obturateur porte cinq fentes radiales longues de 1^{cm} et larges de moins de 1^{mm}; sa vitesse de rotation atteint 400 tours par seconde.

Devant les fentes est placé un objectif de 50^{mm} de foyer et de 1^{cm} de diamètre.

Avec cet appareil, j'ai pu obtenir des images à la fréquence de près de 2000 par seconde, contrôlée par l'enregistrement d'un diapason donnant 50 vibrations doubles par seconde. Les films impressionnés peuvent être développés en positif immédiatement et projetés à la fréquence de 16 vues par seconde, ce qui donne un excellent ralenti de 125 fois, comme l'a montré le film d'une petite boule en celluloïd rebondissant sur un tas d'acier ou celui d'un petit oiseau battant des ailes, ou encore celui du mouvement des lèvres d'un homme parlant.

GÉODÉSIE. — *Interprétation des observations de l'intensité de la pesanteur effectuées aux Philippines, en Malaisie et aux Indes Néerlandaises.* Note de M. **Pierre Lejay**, présentée par M. Georges Perrier.

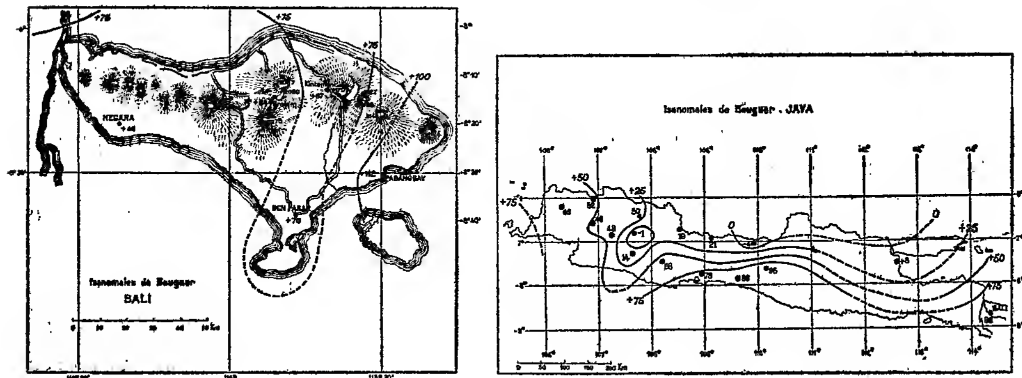
Nous avons donné (¹) les résultats bruts de 34 déterminations de l'intensité de la pesanteur effectuées par nous aux Philippines, en Malaisie et aux Indes Néerlandaises.

Presque partout les anomalies de Bouguer sont fortement positives;

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 642.

seules la partie centrale de Luzon et la côte nord de Java font exception. Nulle part il ne saurait être question de compensation isostatique; si l'action de masses sous-océaniques pourrait diminuer généralement les anomalies trouvées dans les îles, il apparaît au premier coup d'œil qu'en plusieurs stations elle n'apporterait qu'une faible correction : il faut remarquer également que lorsqu'il a été possible d'établir des stations rapprochées, à des altitudes très différentes, l'anomalie trouvée à la station de montagne a été souvent plus fortement positive que celle de la station de plaine voisine, contrairement à la théorie isostatique.

Ainsi, à Baguio (nord de Luzon) à 1512^{m} d'altitude, on trouve une anomalie de Bouguer [1] de $+37$, tandis qu'à Binalonan, station de plaine voisine, on a -40; de même, à Java, la station de montagne de Poentjak (1450^{m}) nous donne une anomalie de $+48$ alors que la station de Buitenzorg donne $+49$; Boroboudour (266^{m}), au centre de la chaîne montagneuse marque un maximum de $+95$, entre deux stations de plaine, au Nord et au Sud où les anomalies sont respectivement de -4 et $+89$.



Les mesures sur terre viennent donc confirmer les résultats des observations de M. Vening-Meinesz [2] faites sur mer. Le fait de la non compensation isostatique de cette partie du globe, d'ailleurs confirmé par les géodésiens hollandais [3], ne laisse aucun doute.

Il est intéressant de constater que cette remarquable exception à l'iso-

---

(1) Par rapport à l'ellipsoïde international.

(2) *Relevé gravimétrique maritime de l'Archipel Indien.*

(3) SCHEPERS, *Geodetic and astronomical Operations in the Netherlands East Indies*, p. 10.

stasie, qui contraste singulièrement avec les résultats que nous avons obtenus sur le continent asiatique, correspond précisément à une grande instabilité des couches superficielles; on ne peut échapper, en traversant cette région, à la forte impression qui se dégage de cet immense et magnifique chaos; l'activité tectonique est grande : c'est par dizaines que l'on compte les volcans actifs; sulfatares et fumeroles se voient partout; par endroits la terre tremble presque chaque jour.

La carte des anomalies gravimétriques nous montre que ce désordre superficiel a des causes profondes et correspond a une incohérence semblable des couches internes. Le reserrement de la longue bande d'anomalies négatives qui s'étend parallèlement aux îles, au Sud de celles-ci, entre deux bandes d'anomalies positives, a déjà conduit M. Vening-Meinesz à situer à une quarantaine de kilomètres de profondeur le plissement de la croûte qui en est la cause; les différences d'anomalies que nous constatons dans l'archipel même, à Bali par exemple, ou aux environs de Bandung, à Java, paraissent exiger la présence de causes perturbatrices au moins aussi rapprochées de la surface.

Sur la carte des anomalies de Java, nous constatons, à partir du centre de l'île, une augmentation progressive des anomalies positives lorsqu'on va vers l'Ouest, le long de la côte nord, et une diminution non moins régulière le long de la côte sud, distante seulement d'une centaine de kilomètres.

Ces deux effets inverses sembleraient dus à deux couches internes différentes, dont la ligne de démarcation se trouve précisément coïncider avec la longue ligne de volcans qui forment l'ossature de cette moitié de l'île.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mouvement brownien dans l'espace de Hilbert. Hyperquantification et superquantification.* Note ([1]) de M. **Jacques Métadier**, présentée par M. L. de Broglie.

1. Mlle M.-A. Baudot ([2]) a fait correspondre l'espace de l'extension en phase à l'hyperquantification définie par M. J.-L. Destouches ([3]) dans sa Thèse. Cette méthode nouvelle permet d'étudier les assemblées de

([1]) Séance du 18 février 1935.

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1846.

([3]) *Thèse*, Paris, 1933; *Ann. de Phys.*, 11, 1934, p. 148.

systèmes ou encore un système dont on ne connaît l'état initial qu'avec une certaine probabilité. Elle est à rapprocher, par conséquent, de la théorie du mouvement brownien. L'hyperquantification constitue une mécanique ondulatoire dans l'espace des fonctions d'ondes (ψ).

Mlle M. A. Baudot a montré que l'espace de l'extension en phase n'est autre que l'espace de Hilbert ($\Psi_{(2\omega)}$).

Si donc, au lieu de considérer l'espace de fonctions d'ondes (ψ), nous considérons l'espace de l'extension en phase, nous constatons que l'équation d'ondes [1] en χ et sa conjuguée peuvent être fondues en une seule qui est l'équation de la densité

$$\rho = \chi\chi^*,$$

l'opérateur $\mathbf{F}_*$ opère sur les variables conjuguées des variables sur lesquelles opère $\mathbf{F}$,

$$\mathbf{F}\chi = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\chi}{\partial t}; \qquad \mathbf{F}_*\chi^* = \frac{-h}{2\pi i}\frac{\partial\chi^*}{\partial t}.$$

De ces deux équations on tire

$$\chi^*\mathrm{F}\chi - \chi\mathrm{F}_*\chi^* = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial t}\chi\chi^*.$$

Comme $\mathbf{F}$ et $\mathbf{F}_*$ n'opèrent pas sur les mêmes variables, en posant

$$\mathcal{H} = \frac{2\pi i}{h}[\mathbf{F} - \mathbf{F}_*],$$

on peut alors écrire

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} = \mathcal{H}\rho.$$

On reconnaît là la forme généralisée de l'équation du mouvement brownien telle que nous l'avons écrite précédemment [2] et ρ a le sens d'une densité de probabilité.

Ainsi, au point M *soumis à l'équation d'ondes de l'hyperquantification correspond, pour le point* $\mathfrak{M}$ *de l'espace de l'extension en phase, un mouvement régi par des lois de mouvement brownien.*

Les fonctions χ sont des fonctions de carré sommable et appartiennent à l'espace de Hilbert (χ) défini par M. J.-L. Destouches.

Il s'ensuit que la fonction ρ est une fonction sommable non négative que l'on définit par le même passage à la limite que la fonction χ.

---

(1) J.-L. Destouches, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1955.

(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1173.

Ainsi, non seulement la fonction ρ suit une équation de mouvement brownien, mais encore c'est une fonction sommable non négative, donc :

Le mouvement du point $\mathfrak{M}$ de l'espace de l'extension en phase ($\Psi_{(2\omega)}$) *possède toutes les caractéristiques d'un mouvement brownien généralisé.*

2. D'après les auteurs ci-dessus, les fonctions d'ondes Ω de la superquantification sont des fonctions χ particulières qui résultent d'un choix convenable à l'instant initial. Si encore, dans ce cas, nous utilisons l'espace de l'extension en phase, nous voyons que :

Les lois de la superquantification peuvent être représentées par un mouvement brownien.

Nous avons déjà fait (*loc. cit.*) un rapprochement purement formel entre l'équation générale du mouvement brownien et une équation d'ondes. La présente Note montre un nouveau rapprochement dans la signification même des symboles entre un mouvement brownien et une mécanique ondulatoire dans un espace de fonctions d'ondes.

PHYSIQUE. — *La formulation des lois expérimentales. L'incertitude qui en découle pour l'interprétation des phénomènes physiques. Application à la loi de la réactivité.* Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Supposons un phénomène qui serait régi exactement par la loi

$$y = \log(1 + x).$$

Quand x passe de 0,8 à 4,4, ce qui correspond, pour l'argument du logarithme, à une variation déjà très notable, *du simple au triple*, on peut représenter cette loi, avec l'approximation de *quelques dix-millièmes*, comme en témoignent les chiffres ci-dessous, par la somme de deux exponentielles :

$$2{,}17536(1 - e^{-0{,}20297x}) + 0{,}40213(1 - e^{-1{,}31122x}).$$

---

(1) Séance du 4 février 1935.

$(1+x)$.	$\log(1+x)$.	Exponentielles.	$(1+x)$.	$\log(1+x)$.	Exponentielles
1,8......	0,5878	0,5871	3,8......	1,3350	1,3349
2,0......	0,6931	0,6932	4,0......	1,3863	1,3863
2,2......	0,7885	0,7888	4,2......	1,4351	1,4352
2,4......	0,8755	0,8759	4,4......	1,4816	1,4818
2,6......	0,9555	0,9558	4,6......	1,5261	1,5263
2,8......	1,0296	1,0298	4,8......	1,5686	1,5688
3,0......	1,0986	1,0986	5,0......	1,6094	1,6094
3,2......	1,1631	1,1630	5,2......	1,6487	1,6484
3,4......	1,2238	1,2236	5,4......	1,6864	1,6856
3,6......	1,2809	1,2808			

L'argument du logarithme variant dans le rapport *de un à huit*, on peut obtenir, au moyen de la loi exponentielle

$$2,49971(1-e^{-0,103545x})+0,79045(1-e^{-0,8182x}),$$

l'approximation du *quatre-centième* (par rapport à l'ordonnée maxima).

$(1+x)$.	$\log(1+x)$.	Exponentielles.	$(1+x)$.	$\log(1+x)$.	Exponentielles.
1,9......	0,6418	0,6344	9.......	2,1972	2,1973
2........	0,6931	0,6876	10.......	2,3026	2,3053
3........	1,0986	1,1042	11.......	2,3979	2,4024
4........	1,3863	1,3900	12.......	2,4849	2,4898
5........	1,6094	1,6082	13.......	2,5650	2,5686
6........	1,7918	1,7875	14.......	2,6391	2,6396
7........	1,9459	1,9414	15.......	2,7080	2,7036
8........	2,0794	2,0767	15,5.....	2,7408	2,7331

Enfin, x passant de $-0,2$ à 16,5, et l'argument $(1+x)$ variant dans le rapport, considérable cette fois, *de un à vingt-deux*, cette même formule permet encore l'approximation du *centième*.

Ainsi deux *types* de loi aussi *différents* que *l'exponentiel* et le *logarithmique* sont expérimentalement *réductibles* l'un à l'autre.

M. Bouasse avait trouvé que les déformations réactives sous effort constant pouvaient, en première approximation, se représenter par une loi *logarithmique* du temps. Il résulte de notre observation que cette loi, très mystérieuse, échappant à toute théorie, est assimilable, en fait, à la solution d'une équation différentielle linéaire du second ordre, à coefficients constants, et qu'on peut, par suite, *rendre compte de la réactivité au moyen des modèles mécaniques classiques*, sans avoir besoin d'envisager une physique moléculaire totalement inconnue.

On peut toujours, avec un polynome de degré suffisamment élevé, représenter une fonction expérimentale avec l'approximation que l'on désire. Mais si l'on veut tirer de la formule une *interprétation physique* des résultats, on cherche à les formuler au moyen de fonctions prises *en très petit nombre*, ayant un caractère *simple*, et susceptibles, autant que possible, d'être introduites par des équations différentielles *typiques*; une formule bien choisie se reconnaît à ce qu'elle épouse la forme de la courbe expérimentale dans l'intervalle envisagé, et ne s'en écarte pas d'une manière considérable dès que l'on sort de cet intervalle.

On constate qu'à cet égard, les courbes expérimentales rentrent en général dans deux catégories : les arcs que nous nommerons *arrondis*, caractérisés par des *variations notables* de l'ordonnée, de la pente, de la courbure, ...; et les arcs que nous dirons *tendus*, caractérisés par l'*allure asymptotique* de l'ordonnée, ou d'une de ses *toutes premières* dérivées.

Il va de soi que, si un phénomène est étudié dans un intervalle extrêmement étendu, les particularités de chaque expression analytique empêcheront toute confusion; autrement, grâce à cette *souplesse* des formules dont nous venons de donner un exemple caractéristique, on pourra représenter indifféremment un arc *arrondi*, par *n'importe quel type* de fonction entière, et un arc *tendu*, par *n'importe quel type* de fonction d'allure asymptotique (homographique, exponentielle décroissante, puissance d'exposant inférieur à 1, logarithme, ...).

Cette distinction manque même parfois de netteté : un polynome de degré peu élevé peut apparaître, suivant la précision des expériences, ou comme l'équivalent pratique d'une fonction entière, convenant à la représentation des arcs arrondis, ou au contraire, comme une fonction dont une proche dérivée ne varie plus, convenant à la représentation des arcs tendus.

Il est bien connu qu'on dispose d'une grande latitude dans le choix des coefficients d'*une* formule; le même arbitraire s'étend au choix du *type* de la formule, même si l'expression analytique introduite a une *allure absolument exceptionnelle :* les solutions des problèmes de chaleur peuvent en effet se représenter, en fonction du temps, indifféremment par des séries d'exponentielles e^{-mt} ou d'expressions $t^{-1/2}e^{-a/t}$; de sorte qu'un développement limité de termes e^{-mt} est expérimentalement voisin d'un développement limité de termes $t^{-1/2}e^{-a/t}$, dont toutes les dérivées sont nulles pour $t=0$.

La conclusion de cette étude est alors la suivante : on ne peut fonder l'interprétation physique d'un phénomène que sur l'allure de l'expression analytique qui représente les expériences; mais, cette représentation pouvant

être obtenue au moyen des fonctions les plus variées, et même les plus opposées, la nature de l'expression choisie ne signifie rien d'essentiel, et par suite toute interprétation est en général illusoire, sauf lorsque l'on a, sur le phénomène, une idée préconçue très précise.

ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE. — *Mesure de la vitesse des vaisseaux marins, sous-marins, aériens par couples thermo-électriques compensés.* Note (¹) de M. **André Egal**, transmise par M. Jules-Louis Breton.

J'ai fait connaître (²) une méthode de mesure de la vitesse des fluides et de l'énergie thermique qu'ils peuvent transporter, par l'application des phénomènes thermo-électriques.

Les appareils ont été réalisés et sont pratiquement indépendants de la température du fluide et de la température ambiante.

Dans ces dispositifs, l'appareil est fixe et le fluide mobile.

L'expérience montre que les indications électriques sont les mêmes si le fluide est fixe avec l'appareil de mesure mobile.

On peut donc monter un semblable dispositif sur un vaisseau marin, sous-marin ou aérien, en réalisant ainsi un nouveau loch électrique.

La figure 1 donne un schéma d'installation à bord d'un bateau.

Sur la coque et en dessous de la ligne de flottaison, on perce sur un même plan horizontal deux trous T et T′ de 150^{mm} environ, séparés l'un de l'autre d'une longueur de 2^{m} par exemple.

Entre ces deux trous, un tube de 150^{mm} sur lequel est monté une dérivation DD′ en 20^{mm} de diamètre. Les extrêmes D et D′ de cette dérivation étant distants de 1^{m}.

Sur cette dérivation, sont montés les appareils électriques schématisés dans la figure 2.

Lorsque le bateau B est sans mouvement par rapport au fluide, la pression latérale en T est pratiquement la même qu'en T′ et il n'y a pas de circulation d'eau dans le tube TT′.

Dès que le bateau se déplace dans le sens de la flèche, la pression en T croît plus vite qu'en T′ et un courant d'eau circule de T à T′ ainsi que dans

(¹) Séance du 25 février 1935.

(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 910; 198, 1934, p. 1134.

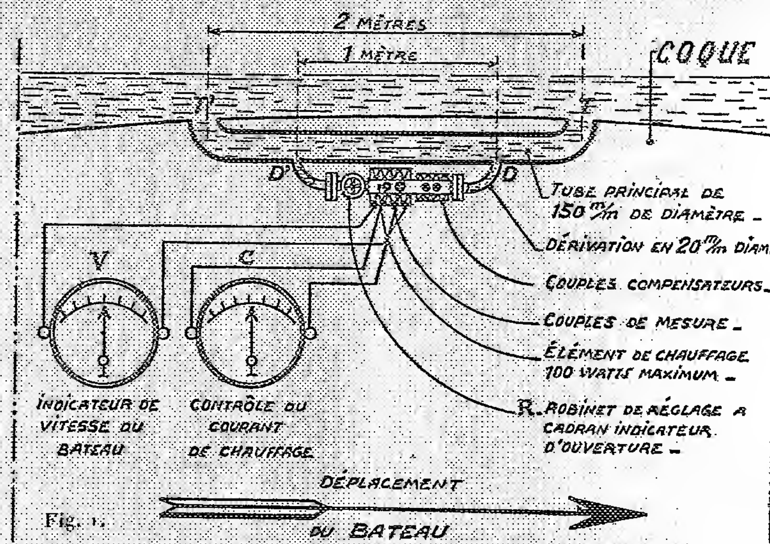


Fig. 1.

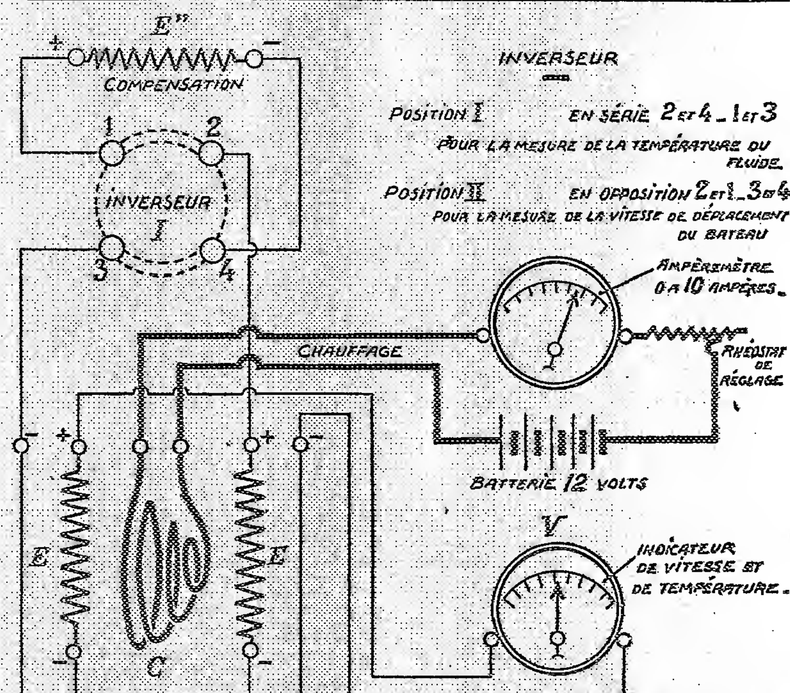


Fig. 2. — E et E' sont les couples dits *de mesure*; E" sont les couples de compensation; C l'élément de chauffage; V le voltmètre gradué en indicateur de vitesse du bateau; I l'inverseur permettant la mesure de la température du fluide, eau de mer ou air.

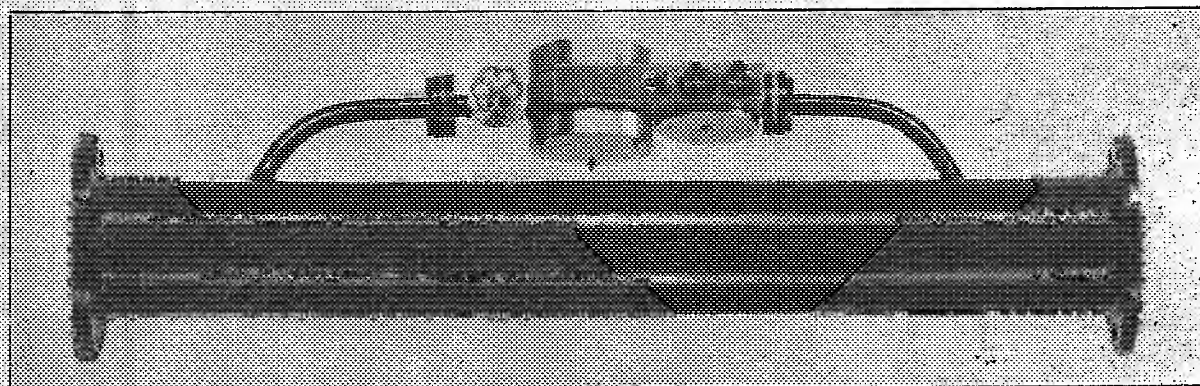


Fig. 3. — Dispositif de mesure de vitesse des vaisseaux (marins, sous-marins, aériens).

la dérivation de D en D′. Les mesures électriques au voltmètre récepteur V donnent la mesure du débit de D en D′. Le débit étant proportionnel au déplacement du bateau, *on mesure en fait sa vitesse relative*.

Un robinet R permet le réglage du débit dans la dérivation DD′ pour faire des mesures avec un courant de chauffage très faible (60 watts environ).

Comme le système est indépendant de la pression latérale, les mesures sont directement fonction de la vitesse de déplacement du bateau et sont transmises à distance au poste de commandement.

Le dispositif est fort simple, il ne nécessite aucun appareil extérieur pouvant gêner la marche du bateau et peut être appliqué à tout vaisseau marin, sous-marin ou aérien.

La figure 3 est une vue photographique d'une réalisation.

Deux dispositifs identiques, placés de chaque côté de l'axe du bateau, et montés électriquement en opposition, permettent de mesurer la vitesse de giration.

La mise en série des couples compensateurs avec les couples dits de mesure, donnant la température du fluide, on peut conjuguer cette manœuvre avec un détecteur portant un même nombre de couples, mais placé à l'air libre qui donnera la différence de température entre l'eau et l'air, permettant ainsi la mesure à chaque instant du *Front polaire*.

SPECTROSCOPIE. — *Isoméries intramoléculaires et spectres d'absorption infrarouges*. Note [1] de MM. Jacques Errera et Pol Mollet, présentée par M. Georges Urbain.

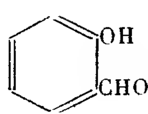
Dans ce travail le but était de voir s'il n'y a pas des exemples où par suite d'une sorte d'isomérie interne (cyclisation) certaines bandes caractéristiques des liaisons atomiques telles que O—H, C—H, etc. disparaissent et par le fait même l'existence de cette cyclisation est ainsi contrôlée; nous avons étudié [2] de la même manière un cas supposé de résonance quantique entre deux formes de la glycolchlorhydrine.

---

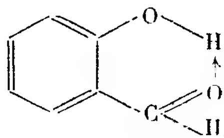
(1) Séance du 18 février 1935.

(2) B. M. Bloch et J. Errera, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 713.

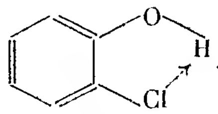
La molécule d'aldéhyde salicylique correspond à la formule classique [*a*].



[*a*].



[*b*].



[*c*].

On s'attend à trouver par l'examen spectrographique, la bande O — H et la bande C = O. Pour connaître l'emplacement de la bande O — H nous

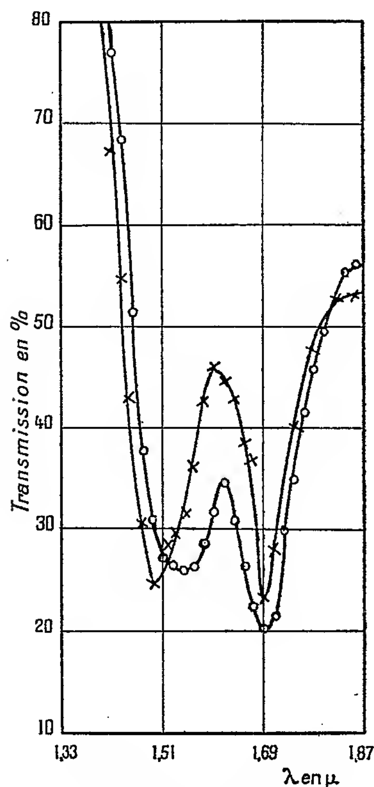


Fig. 1. — Phénol sous 4^{mm}.
X—X—X +120°
o—o—o +60°

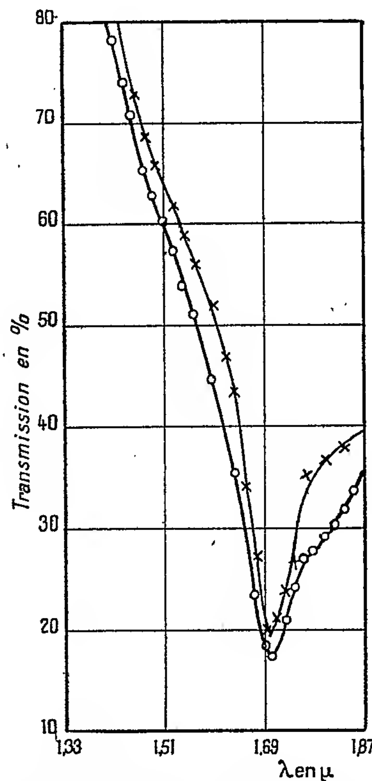


Fig. 2. — Aldéhyde salicylique sous 4^{mm}.
X—X—X +120°
o—o—o + 60°

avons étudié le phénol où seul le groupe O — H est attaché au noyau benzénique (*fig.* 1). Nous remarquons également le déplacement de la bande O — H avec l'élévation de température de 1$^{\mu}$,54 à 1$^{\mu}$,49, déplacement que

nous avons signalé dans le travail antérieur (*loc. cit.*), tandis que la bande C — H voisine du noyau benzénique à 1,69 ne se déplace pas.

La figure 2 donne la même région du spectre pour l'aldéhyde salicylique : la bande O — H n'apparaît pas même en faisant varier la température. Comment peut-on expliquer ce phénomène? Sidgwick ([1]) suppose une cyclisation interne qu'il représente par la formule [*b*].

La flèche entre O et H représente une covalence de coordination. On se rappelle en effet que dans la covalence normale un électron provient de chaque atome, tandis que dans la covalence de coordination, ou liaison

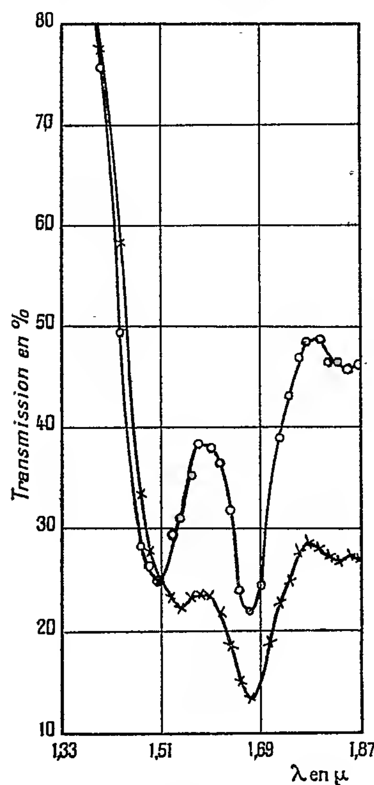


Fig. 3.
X—X—X *p*-hydroxybenzaldéhyde + 120° } sous 4^mm.
o—o—o *m*-hydroxybenzaldéhyde + 120° }

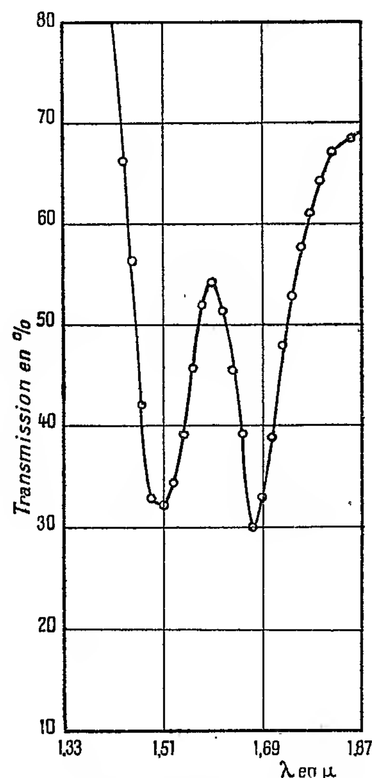


Fig. 4. — Orthochlorophénol sous 4^mm, température + 20°

semi-polaire, un atome donne les deux électrons. On comprend que par

([1]) *The electronic Theory of valency*. Oxford, 1927.

une telle cyclisation la liaison O — H est toute différente de celle dans le phénol ou les alcools et que la bande caractéristique n'apparaît pas ou est en tout cas très fortement déplacée. L'étude du spectre semble donc confirmer l'hypothèse de la cyclisation.

Mais pour établir la chose de façon plus certaine, il fallait étudier les dérivés méta et para-oxybenzoïques; la distance entre l'O du groupement aldéhyde et l'H du groupe O — H étant plus grande, la cyclisation n'est plus possible. La figure 3 nous montre que la bande O — H apparaît nettement, comme il fallait s'y attendre, pour ces deux corps.

Sidgwick dit aussi qu'il n'est pas impossible, pour des raisons chimiques, que la cyclisation se produise pour l'orthochlorophénol, mais il ne la croit pas probable. Nous donnons la formule [*c*] correspondant à cette cyclisation.

La figure 4 nous montre que pour cette molécule la cyclisation ne semble pas se produire puisque la bande O — H apparaît nettement ce qui n'était pas le cas pour l'aldéhyde salycilique.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la structure des bandes d'absorption de l'acétylène dans l'ultraviolet.* Note de M. **A. Ionesco**, présentée par M. Jean Perrin.

Mecke et ses collaborateurs (¹) ont montré que les niveaux de la molécule normale correspondent à l'état éléctronique $^1\Sigma_g^+$. Les poids statistiques de ces niveaux sont alternants dans le rapport 1/3, et le moment d'inertie, calculé pour la molécule linéaire, d'après la structure des bandes infrarouges, est $I = 23,5 . 10^{-40}\ g/cm^{-2}$, en accord avec l'analyse de la rotation pure (²).

Pour l'analyse des bandes ultraviolettes, les photographies ont été faites avec un grand spectrographe en quartz ($f = 6m$), donnant une dispersion d'environ 0,6 Å/mm sur la plaque photographique; dans la région intéressante. La précision des mesures est limitée, d'une part par la diffusion du gaz (pression 500-760^{mm} Hg), d'autre part par la superposition des bandes attachées aux différentes transitions possibles; cette précision rarement dépasse 0,5 cm^{-1}.

(¹) Hedfeld et Mecke, Childs et Mecke, *Zeits. f. Phys.*, 64, 1930, p. 151 et 162.

(²) Lewis et Houston, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 903.

La structure qu'on observe est simple, du type à deux branches, et les bandes présentent les alternances d'intensité de la molécule d'hydrogène.

Dans le tableau ci-dessous sont donnés les résultats de l'analyse de la bande 44309 cm^{-1}, choisie parmi plusieurs bandes examinées. Cette bande appartient à la série *a* (¹), ayant l'état fondamental de vibration 00000.

Bande a_1 .... $\nu = 44292,20 \pm 2,236J - 0,08J^2$

Moments d'inertie de la molécule { état normal... $I = 23,92 . 10^{-40}$ g/cm^{-2} ; état activé.... $I = 24,21 . 10^{-40}$ g/cm^{-2}

Positions des raies ν cm^{-1} (obs.).	ν cm^{-1} (calc.).	ν (obs.) — ν (calc.).	Attribution.	Positions des raies ν cm^{-1} (obs.).	ν cm^{-1} (calc.).	ν (obs.) — ν (calc.).	Attribution.
44289,90	44289,88	0,02	P(1)	44244,49	44245,25	—0,76	P(14)
44287,39	44287,41	—0,02	P(2)	44241,11	44240,66	0,45	P(15)
44284,89	44284,77	0,12	P(3)	44236,34	44235,95	0,39	P(16)
44281,76	44281,98	—0,22	P(4)	44231,53	44231,07	0,46	P(17)
44278,63	44279,02	—0,39	P(5)	44226,02	44226,03	—0,01	P(18)
44275,49	44275,91	—0,42	P(6)	44221,32	44220,84	0,48	P(19)
44272,36	44272,71	—0,35	P(7)				
44268,92	44269,19	—0,27	P(8)	44296,46	44296,35	0,11	R(1)
44265,52	44265,60	—0,08	P(9)	44299,81	44299,86	—0,05	R(3)
44261,72	44261,84	—0,12	P(10)	44302,74	44302,74	0,00	R(5)
44257,33	44257,93	—0,60	P(11)	44304,93	44304,97	—0,04	R(7)
44253,57	44253,85	—0,28	P(12)	44307,12	44306,56	0,56	R(9)
44250,19	44249,61	0,58	P(13)	44308	44307,51	-	R(11)
				44309	44307,82	tête	R(13)

Les constantes moléculaires, calculées d'après cette structure, sont légèrement différentes par rapport aux données de Hedfeld et Mecke; cette différence doit être mise en relation avec l'interaction entre la vibration et la rotation de la molécule.

La théorie de Hund, concernant la formation des molécules diatomiques, montre que, par la liaison de deux atomes, qui se trouvent dans des états électroniques donnés, plusieurs états sont possibles pour la molécule résultante. Ces états peuvent être prévus, en ce qui concerne les valeurs Λ et S, c'est-à-dire du point de vue type et multiplicité des niveaux. Pour déterminer les états possibles, on suppose les deux atomes dans un champ électrique intense, ayant la direction de l'axe des noyaux. Les vecteurs L et S ne sont pas couplés et leurs projections, suivant la direction du champ,

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 710.

sont quantifiés, pour chaque atome. Les valeurs Λ et S de la molécule résultante sont déterminées par les combinaisons vectorielles de L_i et S_i des atomes en présence. Pour trouver les états moléculaires, chaque valeur Λ doit être combinée avec chaque S, successivement. Dans la formation de la molécule CH, par exemple, en partant de l'état fondamental de l'atome de carbone $3p(L_1 = 1, S_1 = 1)$, et de l'atome d'hydrogène $^2S(L_2 = 0, S_2 = 1/2)$, les valeurs Λ et S résultantes sont : $\Lambda = 0, 1, 2$, et S 1/2, 1 1/2, d'où les états possibles $^2\Sigma$, $^2\pi$, $^2\Delta$ et $^4\Sigma$, $^4\pi$, $^4\Delta$.

Si l'on cherche d'étendre ces considérations aux molécules complexes, on est obligé d'admettre que chaque groupe se comporte comme un atome unique, et que les hypothèses de Hund restent applicables en première approximation. On peut définir alors deux nombres quantiques, Λ et S, dont les combinaisons conduisent aux états de la molécule complexe. Ainsi, les états doublets des deux groupements CH qui forment la molécule C^2H^2, peuvent donner lieu aux combinaisons suivantes : $\Lambda = 0$, $S = 0, 1$, c'est-à-dire les états $^1\Sigma$ et $^3\Sigma$, en partant de l'état $^2\Sigma$ de CH; ou $\Lambda = 0, 1, 2$, $S = 0, 1$, c'est-à-dire les états $^1\Sigma$, $^1\pi$, $^1\Delta$ et $^3\Sigma$, $^3\pi$, $^3\Delta$, en partant de deux groupements CH à l'état $^2\pi$.

Toutes les bandes connues de la molécule CH représentent des transitions entre les états initiaux $^2\Sigma$, $^2\Delta$ et l'état final $^2\pi$. D'autre part, l'analyse de Mecke et Hedfeld montre que l'état normal de l'acétylène est $^1\Sigma$. Si l'on tient compte des règles de sélection, relatives aux vecteurs Λ et S, les transitions possibles pour l'acétylène seraient $^1\Sigma \rightarrow {}^1\Sigma$, $^1\Sigma \rightarrow {}^1\pi$ ou $^1\Sigma \rightarrow {}^3\Sigma$.

La discussion qu'on peut faire sur l'aspect des bandes, pour chacune de ces trois hypothèses, conduit à la conclusion que les bandes observées sont dues, très probablement, à une transition $^1\Sigma \rightarrow {}^1\Sigma$.

SPECTROSCOPIE. — *Étude des spectres d'absorption dans le proche infrarouge de l'ammoniac liquéfié, gazeux ou dissous.* Note de MM. **Georges Costeanu**, **René Freymann** et **Aurel Naherniac**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié pour les états gazeux, liquéfié et dissous les variations de position de la bande de l'ammoniac située vers $1^\mu,04$; cette bande, complexe d'ailleurs, est le deuxième harmonique de la bande de 3^μ. Jung et Gude [1] ont fait une étude semblable pour les troisième, quatrième et cinquième harmoniques dans le visible. Alors que les spectres Raman

(1) *Z. El.*, 37, 1931, p. 545.

de NH^3 avaient été étudiés pour les mêmes états ([1]), les spectres d'absorption infrarouges n'ont été étudiés, en général, que pour la phase gazeuse. Le présent travail a été fait, entre $0^{\mu},8$ et $1^{\mu},2$, à l'aide d'un spectromètre enregistreur à cellule photoconductrice déjà décrit ([2]).

TABLEAU I.

				NH^3 liquéfié (−45 à −70° C.).					
λ en Å		10451 (I)	10198 (*i*)	10091 (*i*)	9946 (*i*)			9327 (*i*)	8922 (*i*
ν en cm⁻¹		9568	9806	9910	10054			10722	11208
				$NH^3 + H^2O$.					
50 % (à 0° C.)	λ..	10400 (I)	10100 (*i*)	10024 (I)	9887 (*i*)			9301 (*i*)	
	ν..	9615	9901	9976	10114			10752	
20 % (à 18° C.)	λ..	10393 (I)	10093 (*i*)	10010 (I)	9874 (*i*)			9314 (*i*)	8856 (*i*)
	ν..	9622	9908	9990	10128			10722	11292
10 %	λ..	10380 (I)	9965 (*i*)						
	ν..	9634	10035						
6,6 %	λ..	10367 (I)	9965 (?)						
	ν..	9646	10035						
4 %	λ..	10361 (I)							
	ν..	9651							
2 %	λ..	10335 (*i*)							
	ν..	9676							
				NH^3 vapeur ([3]).					
λ		10322				10246	10211		
ν		9688				9760	9793		
				$NH^3 + CH^3OH$.					
20 %	λ	10393							
	ν	9622							
10 %	λ	10387							
	ν	9627							
5 %	λ	10380							
	ν	9634							
				$NH^3 + C^2H^3OH$ (absolu).					
13 %	λ	10406							
	ν	9610							
6,5 %	λ	10387							
	ν	9627							

Nota. — I = intense; *i* = inflexion; ? = douteuse.

([1]) K. W. F. KOHLRAUSCH, *Der Smekal Raman Effekt* (Berlin).

([2]) R. FREYMANN, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243; R. FREYMANN et A. NAHERNIAC, *Journ. Phys.*, 5, 1934, p. 75.

([3]) La structure de cette bande étant complexe la position n'est qu'approximative; Lueg et Hedfeld (*Zeits. f. Physik*, 75, 1932, p. 599) ont trouvé plus de 300 raies de rotation dans cette région par la méthode photographique.

L'ammoniac *liquéfié* a été étudié entre — 40 et — 75° C.; le faisceau de lumière parallèle provenant d'une lampe pointolite est renvoyé par un miroir incliné à 45° vers le fond plan et argenté d'un récipient vertical, clos, refroidi dans un Dewar; la lumière, après réflexion à la base du récipient, est renvoyée par un second miroir à 45° vers le spectromètre. Le liquide, $0^{cm},5$ d'épaisseur, étant traversé deux fois par le faisceau, l'épaisseur utile est voisine de 1^{cm}.

L'ammoniac *gazeux* a été étudié à la température ordinaire, sous une épaisseur de 1^{m}, à la pression atmosphérique.

Des solutions aqueuses d'ammoniaque ont été étudiées (sous 5^{cm}, 2^{cm} ou 1^{cm} d'épaisseur) pour les concentrations de 50, 20, 10, 6,6, 4 et 2 pour 100, les solutions dans l'*alcool méthylique* pour 20, 10 et 5 pour 100 et dans l'*alcool éthylique* pour 13 et 6,5 pour 100.

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau I.

On observe un déplacement systématique des bandes lorsqu'on passe de l'ammoniac liquéfié à l'ammoniaque en solution aqueuse à 50 pour 100. Nous n'avons d'ailleurs observé aucun déplacement des bandes de NH^3 liquide pour les températures comprises entre — 40 et — 75° C. Par dilution de la solution à 50 pour 100 le déplacement vers les courtes longueurs d'onde se poursuit. Le plus grand déplacement se manifeste à l'état gazeux pour la bande 10322 Å.

TABLEAU II.

Raman	Liquéfié	3210		3310		3380
	Solution aqueuse			3314		3385
	Gazeux			3334		
Infrarouge (2e harmonique)	Liquéfié	9568	9806		9910	10054
	Solution aqueuse (20 %)	9622	9908		9990	10128
	Gazeux	9688				

Comme le montre le Tableau II les déplacements observés dans l'infrarouge (2e harmonique) sont de même sens que ceux observés dans l'effet Raman; ils sont également de même sens que ceux signalés par Jung et Gude pour les 3e, 4e et 5e harmoniques. On notera toutefois que pour l'ammoniac liquéfié on observe 3 fréquences seulement dans l'effet Raman au lieu de 4 dans l'infrarouge; cela pourrait peut être provenir d'une résolution imparfaite des fréquences Raman vers 3300 cm^{-1}.

Pour expliquer l'existence de *plusieurs fréquences* voisines, l'hypothèse indiquée par Kohlrausch pour l'effet Raman (*loc. cit.*) semble applicable à l'infrarouge : il existerait pour NH^3 liquéfié ou dissous (en solution concentrée), des *polymères* auxquels correspondraient les différentes fréquences

bservées. *La destruction de ces polymères* doit permettre d'autre part d'expliquer le déplacement des bandes vers les courtes longueurs d'onde par *dilution* ou passage à l'*état gazeux*.

BIRÉFRINGENCE ÉLECTRIQUE. — *Biréfringence électrique du para-azoxyanisol à l'état isotrope*. Note de Mme **Jacqueline Zadoc-Kahn Eisenmann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons voulu étendre nos recherches sur la biréfringence que montre dans un champ magnétique le para-azoxyanisol fondu et isotrope (¹) à celle qu'il acquiert dans un champ électrique. Ce travail a été fait au moyen de l'installation de MM. Lucas et Schwob (²), qui comporte un champ alternatif dont les effets sont observés seulement au moment où la tension qui le produit est maxima, grâce à un dispositif optique stroboscopique. Malgré ce montage très perfectionné, nous n'avons pu obtenir de résultats quantitatifs précis, les nombres trouvés variant d'une expérience à l'autre. Cela provient sans doute de ce que nous n'avons pas pu éviter l'altération par le champ du liquide, isolant imparfait. Nous avons pu néanmoins constater que, placé dans des champs de 150 à 16000 v/cm (fréquence 50), le para-azoxyanisol isotrope y prend une *biréfringence positive*.

Le *p*-azoxyanizol possède un moment électrique permanent (égal à $2{,}3.10^{-18}$ e. s.) (³) et le signe de la constante de Kerr nous renseigne sur la position de ce dipôle. En effet, la direction de forte polarisation induite est connue, par des mesures de constantes diélectriques (⁴); elle est perpendiculaire à l'axe d'allongement de la molécule ou du groupe de molécules (nous avons fait nos mesures au voisinage de 134°, immédiatement au-dessus du point de transformation). Si les molécules sont associées en groupes à l'état mésomorphe, ces groupes subsistent encore en partie à ces températures, comme l'indiquent nos mesures de biréfringence magnétique). Si le dipôle était disposé le long de cet axe (hypothèse de Kast, Ornstein), la constante de Kerr serait négative. Le moment du dipôle est

(¹) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 672; **191**, 1930, p. 1002.

(²) *Journal de Physique*, **4**, 1933, p. 287.

(³) Ebert et Hartel, *Physikalische Zeitschrift*, **28**, 1927, p. 786, et Errera, *Physikalische Zeitschrift*, **29**, 1928, p. 426.

(⁴) Kast, *Annalen der Physik*, **73**, 1924, p. 145, et Jesewski, *Zeitschrift für Physik*, **40**, 1926, p. 153.

donc perpendiculaire à l'axe d'allongement, ou incliné sur celui-ci, conformément aux idées de Bauer (1) et d'autres physiciens (Zocher, Ebert et Hartel, Bernal, Herrmann) (2).

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique de l'azote ammoniacal.* Note de MM. **René de Mallemann** et **Pierre Gabiano**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le pouvoir rotatoire magnétique de l'atome d'azote dépend, dans une large mesure, de la fonction chimique de l'atome ou du groupe dont il fait partie. Ce pouvoir rotatoire est grand dans l'ammoniac et ses dérivés organiques, surtout dans les amines de la série aromatique où il atteint des valeurs exceptionnelles, dues, vraisemblablement, à la proximité de la bande d'absorption ultraviolette. Nos mesures de la rotation du gaz ammoniac conduiraient au pouvoir rotatoire atomique $6,8.10^{-5}$ (rad.) (par soustraction de $3\times 1,8.10^{-5}$, correspondant aux trois atomes d'hydrogène), alors que le pouvoir rotatoire de l'azote moléculaire vaut sensiblement 2.10^{-5}.

Pour contrôler ce calcul, nous avons étudié les ammoniaques substituées de la série grasse, autrement dit, les amines. Les résultats sont résumés dans le Tableau suivant (3) :

	$A_0^{760}.10^6$ (min.).	$[A_G]_M.10^5$ (rad.).	$[A_L]_M.10^5$.	d_L.
NH^3	19	12,2	13,5	0,64 (−40°)
NH^2CH^3	23	14,5	–	–
$NH(CH^3)^2$	33	20,5	24,3	0,719 (−10)
$N(CH^3)^3$	54	32	38,6	0,660 (−10)
$NH^2C^2H^5$	34,5	21	25,2	0,712 (0)
$NH(C^2H^5)^2$	54	33	39,5	0,736 (0)
$N(C^2H^5)^3$	74,5	46,5	59,0	0,733 (20)

Les rotations indiquées correspondent à la longueur d'onde $\lambda = 578^{m\mu}$; la dispersion des liquides est assez forte (sensiblement 2 pour la raie $436^{m\mu}$).

(1) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1541.

(2) *Liquid crystals and anisotropie melts* (*The Faraday Society*, 58, 1933, p. 881).

(3) Les densités de vapeur des amines sont notablement supérieures aux densités théoriques.

En adoptant pour le carbone et l'hydrogène les valeurs que nous avons indiquées antérieurement, on peut calculer les contributions respectives de N, NH, NH^2; celles-ci doivent être à peu près constantes si la loi d'additivité s'applique.

L'analyse des résultats montre que les différences ne sont pas constantes, mais que leur moyenne est cependant très voisine d'un nombre compris entre 6,5 et 7.10^{-5}, autour duquel les écarts oscillent irrégulièrement. Or, on sait qu'il est pratiquement impossible d'obtenir les différentes amines tout à fait pures (surtout les diamines) et les irrégularités constatées proviennent certainement, en partie, du défaut d'homogénéité des substances étudiées.

Le Tableau suivant, calculé en prenant uniformément la valeur 7.10^{-5} pour N, NH et NH^2 montre que le pouvoir rotatoire des deux radicaux est sensiblement le même que celui de l'atome [1].

	$[A_G]_K$ (mes.).	$[A_G]_K$ (calc.).	$\frac{[A_G]_K}{[A_L]}$ (mes.).
Ammoniac	12,2	12,4	0,90
Méthylamine	14,5	14,6	–
Diméthylamine	20,5	22,4	0,84
Triméthylamine	32	29,8	0,83
Éthylamine	21	20,4	0,83
Diéthylamine	33	33,8	0,84
Triéthylamine	46,5	47,2	0,80

La dernière colonne donne les rapports des rotations spécifiques expérimentales de la vapeur et du liquide; les indices des liquides étudiés étant tous compris entre 1,35 et 1,39, les rapports expérimentaux sont très voisins des rapports théoriques (l'écart n'est sensible que pour NH^3).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la production d'un rayonnement d'énergie comparable à celle des rayons cosmiques mous.* Note de MM. **Frédéric Joliot** et **Lew Kowarski**, présentée par M. Jean Perrin.

La production des radioéléments s'effectue parfois avec capture de neutron sans émission simultanée d'une autre particule (Fermi). Dans ce cas,

---

(1) Cette valeur permet de calculer *a priori* les rotations magnétiques des propylamines et de la pentaméthylènediamine liquides, qui ont été mesurées depuis longtemps par W. H. Perkin. L'accord est satisfaisant.

la capture conduit à la formation d'un isotope (de nombre massique supérieur d'une unité) de l'élément irradié : par exemple, l'iode ^{127}I se transforme ainsi en radioiode ^{128}RdI.

Si l'on admet que la différence de masse entre les deux isotopes, dont l'un radioactif, est voisine de 1, ce qui est le cas des isotopes stables, on peut penser que, lors de la capture du neutron, il doit y avoir émission d'un photon d'énergie correspondant à la condensation de la masse du neutron libre (environ 1,0085) à celle qu'il possède dans le noyau (environ 1). En vue de rechercher la présence de ces photons, nous avons placé contre la paroi d'une chambre Wilson un bloc d'argent (l'argent subit précisément le mode de transmutation par capture simple de neutron), que nous avons irradié avec les neutrons jaillissant de Po + Be (150 millicuries de Po). Un champ magnétique d'environ 1000 gauss, établi suivant l'axe *vertical* de la chambre, incurvait les trajectoires des électrons. Nous avons observé sur 576 détentes un grand nombre de trajectoires d'électrons provenant des différents points des parois de l'appareil. La plus grande partie d'entre eux sont secondaires des photons (d'énergie 5.10^6 eV) émis par Po+Be simultanément avec les neutrons. Environ 30 trajectoires assez longues d'électrons ne sont pas, à première vue, incurvées par le champ magnétique et doivent correspondre à des énergies cinétiques certainement supérieures à 10.10^6eV. Ces rayons ne peuvent provenir que d'un rayonnement primaire issu de l'argent et ne sont pas secondaires de rayonnement cosmique, car, en l'absence d'argent, les trajectoires quasi-rectilignes sont beaucoup plus rares et leur longueur horizontale est beaucoup plus faible.

Un examen minutieux de six des trajectoires les plus longues (6^{cm},5 à 12^{cm}) montre que l'énergie cinétique de ces électrons est de l'ordre de 20 à 30.10^6 eV. L'intensité relativement faible du champ magnétique que nous employons ne nous permet pas de préciser ces valeurs.

Pour nous mettre à l'abri des erreurs provenant de déformations accidentelles des trajectoires, nous avons introduit dans la chambre un écran de 3^{mm} de plomb en vue de ralentir les électrons : un électron de grande énergie, traversant cet écran, doit perdre environ 8.10^6 eV. Sur 259 détentes, 4 trajectoires traversant l'écran ont été photographiées. Au moins pour une de celles-ci, on a la certitude que le rayon avant et après la traversée n'a pas de courbure appréciable; l'énergie de l'électron correspondant est supérieure à 15.10^6 eV. Dans un autre cas, l'énergie après la traversée n'est plus que de $1,2.10^6$ eV, ce qui correspond à un énergie initiale voisine de 9.10^6 eV.

Sur l'ensemble des clichés obtenus, deux portent les traces de *deux* électrons de très grande énergie et un troisième porte les traces de *trois* électrons. Comme on observe en moyenne une trajectoire presque rectiligne toutes les vingt détentes, la probabilité pour l'apparition de deux trajectoires sur le même cliché est de $\frac{1}{400}$ et, pour trois trajectoires, de $\frac{1}{8000}$. Il y a donc lieu de penser que les coïncidences observées ne sont pas fortuites.

L'énergie du rayonnement responsable de l'émission des électrons que nous avons observés est du domaine de celle de la composante molle de la radiation cosmique et nous pensons que ces cas d'apparition simultanée de plusieurs électrons de grande énergie sont à rapprocher du phénomène de production des gerbes.

Les expériences analogues effectuées avec l'iode et le phosphore ont montré de même la présence d'électrons de très grande énergie avec, toutefois, cette différence que dans le cas de l'argent ces électrons n'ont pas été observés après l'enlèvement de la source de neutrons, tandis que dans le cas du phosphore et de l'iode on les a observés en l'absence de la source.

L'énergie du rayonnement donnant lieu à l'apparition des électrons très rapides ne peut résulter que de la condensation des masses des noyaux entrant en réaction. S'il s'agit d'une émission de photons, on peut écrire

$$\text{(I)}\qquad {}^{A}_{Z}M + {}^{1}_{0}n + W_n = {}^{A+1}_{Z}M + h\nu,$$

puis

$$\text{(II)}\qquad {}^{A+1}_{Z}M = {}^{A+1}_{Z+1}M + \bar{e} + W_{\bar{e}} + h\nu';$$

d'où le bilan énergétique suivant :

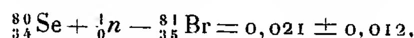
$$\text{(III)}\qquad h\nu = ({}^{A}_{Z}M + {}^{1}_{0}n - {}^{A+1}_{Z+1}M) + W_n - W_e - h\nu' - \bar{e}.$$

Dans le cas de l'argent les expériences nous ont montré que la limite d'énergie W_e des électrons émis par les deux RdAg est égale à $1,7.10^6$ eV et que cette émission est accompagnée de photons d'énergie $h\nu'$ au moins égale à 4.10^6 eV. L'énergie maxima des neutrons que nous utilisons étant de 8.10^6 eV, il en résulte que l'énergie maxima disponible sous forme de rayonnement lors de la réaction (I) est

$$\text{(IV)}\qquad h\nu = ({}^{A}_{Z}M + {}^{1}_{0}n - {}^{A+1}_{Z+1}M) + 2.10^6\,\text{eV}.$$

Les deux isotopes ^{107}Ag et ^{109}Ag se transforment en ^{108}RdAg et ^{110}RdAg,

qui se désintègrent en donnant finalement ^{108}Cd (1) et ^{110}Cd. Nous ne connaissons pas les masses exactes de ces atomes stables, mais il existe des cas où la différence entre un atome $^{A+1}_{Z+1}M$ et celle d'un atome $^{A}_{Z}M$ est connue et presque certainement inférieure à 1. On a par exemple



$$^{80}_{34}Se + ^{1}_{0}n - ^{81}_{35}Br = 0,021 \pm 0,012,$$

ce qui correspond à une libération d'énergie d'environ $(20 \pm 10).10^6$ eV. On voit par ce calcul une origine possible de l'énergie de 20 à 30.10^6 eV des électrons observés lors de la formation du radioargent dans ce domaine.

Dans le cas du phosphore (2) et de l'iode le rayonnement de grande énergie serait émis lors de la réaction (II).

En définitive, on sait actuellement provoquer l'émission d'un rayonnement d'énergie comparable à celles des rayons cosmiques mous, ce qui facilitera l'étude des propriétés du rayonnement dans ce domaine d'énergie.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Expériences sur la radioactivité provoquée par les neutrons.* Note de M. **Pierre Preiswerk**, présentée par M. Jean Perrin.

Fermi et ses collaborateurs (3) ont montré que les neutrons d'une source de Rn + Be sont beaucoup plus efficaces pour les transmutations qui résultent de leur simple capture, lorsqu'on les ralentit par une substance hydrogénée (effet protonique).

1. Nous avons comparé l'efficacité d'une source de Rn + B à celle d'une source de Rn + Be. La première donne des neutrons moins nombreux mais moins rapides que la seconde; si les neutrons plus lents sont plus efficaces, on peut penser que les rendements seront comparables. En ramenant à une même quantité de Rn, on trouve que les intensités de radioactivité provoquée par les neutrons de ces deux sources sont dans le rapport : $I_{Be}/I_{B} = 1$ à 10 pour les corps qui montrent l'effet protonique : Au (période 2, 5 j.), Ag (p. 20 sec.), Th (p. 1 min.), Mn (p. 150 min.), Ag (p. 2 min.), J (p. 30 min.), Cu (p. 6 min.). Pour Si (p. 2,5 min.), Al (p. 12 min.), Fe (p. 2,5 h.), corps insensibles à l'effet protonique, on n'observe aucune

(1) L'existence du ^{108}Cd stable a été signalée par E. Svensson (*Nature*, 131, 1933, p. 28).

(2) M. P. Preiswerk a montré à l'Institut du Radium que le phosphore peut se transformer par capture simple de neutron.

(3) *La Ricerca scientifica*, 5, 2, f. 7-8, 1934, p. 1; 6, 1, f. 2, 1935, p. 1.

activité avec la source de 300 millicuries de Rn irradiant le bore. Ce sont donc les neutrons rapides $> 5{,}9.10^6$ eV qui sont efficaces dans ces transmutations. Pour la Mg (p. 40 sec.), qui est également insensible à l'effet protonique, le rapport est de 1 : 1, ce qui indique l'existence d'un groupe de résonance pour les neutrons d'énergie comprise entre 0,1 et $5{,}9.10^6$ eV.

2. Nous avons construit quelques courbes d'absorption des neutrons qui provoquent la radioactivité par simple capture dans diverses corps. Des écrans de différents corps ont été interposés entre une source de Rn + Be entourée par un bloc de paraffine et un détecteur en Ag placé à une distance de 15^{cm}. Nous avons mesuré, avec un compteur Geiger-Müller, le nombre des électrons émis par le détecteur après une activation de 2 minutes. Dans ce dispositif, l'interposition des écrans modifie l'intensité, d'une part par absorption de neutrons, d'autre part par leur diffusion : les neutrons diffusés subissent une diminution de vitesse et par conséquent une modification d'efficacité. Les écrans des divers corps, de même grandeur et placés dans les mêmes conditions géométriques, ont donné les valeurs du Tableau I dans lequel les épaisseurs d'écrans sont données en nombre d'atomes par centimètre carré :

TABLEAU I.

Écrans.	Intensités relatives = 5.									
	B.	Be.	C.	Al.	Cl.	Fe.	Cu.	Ag.	Hg.	Pb.
Sans écran	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1.10^{23} atomes/cm²	25	97	97	96	50	75	80	35	60	90
2 »	–	90	93	95	45	67	65	20	50	75
3 »	–	80	88	90	–	60	55	10	35	60

Une deuxième série de mesures a été faite avec les neutrons directs de la source Rn + Be non ralentis. Les valeurs relatives à Ag comme détecteur figurent dans le Tableau II.

TABLEAU II.

Écrans.	Intensités relatives = 6.					
	C.	Al.	Ag.	Pb.	H.	H(*).
Sans écran	100	100	100	100	100	100
1.10^{23} atomes/cm²	110	105	91	103	210	215
3 »	115	107	86	85	343	410
6 »	105	85	–	–	340	360

(*) Rh comme détecteur.

Pour C, Al, Pb, l'activation par les neutrons directs augmente d'abord

légèrement avec l'épaisseur de l'écran, parce que l'augmentation d'efficacité due au ralentissement des neutrons l'emporte sur la diminution du nombre des neutrons qui traversent le détecteur. La source ne contient initialement que peu de neutrons lents facilement absorbables par Ag. La comparaison entre Ag et Rh comme détecteur montre (en interposant des écrans de H^2O) un maximum plus prononcé pour le Rh.

Pour les neutrons lents Cd, B, Au, Ag, Cl, Hg montrent une forte absorption, ainsi que l'a déjà signalé Fermi. Dans le cas de Al, Fe, Cu, des expériences sur la diffusion indiquent une prédominance de l'absorption par diffusion sur l'absorption par transmutation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre d'absorption ultraviolet de la méthylamine.* Note de MM. **Victor Henri** et **Wladimir Lasareff**, présentée par M. Georges Urbain.

La vapeur de méthylamine présente dans l'ultraviolet, entre 2529 et 1986 Å, un grand nombre de bandes d'absorption. Les plus intenses de ces bandes sont celles entre 2320 et 2100 Å, leur intensité diminue de part et d'autre de cette région. La sensibilité de l'absorption est très grande; en effet, les bandes apparaissent déjà pour une pression de la vapeur de $0^{mm},1$ sous une épaisseur de 50^{cm}, ce qui correspond à une teneur d'environ 1/5e de milligramme de méthylamine par litre. On peut se servir de la méthode spectrographique pour doser dans une atmosphère quelconque des quantités extrêmement faibles de méthylamine.

Nous avons analysé la structure de ce spectre.

Technique. — La méthylamine a été purifiée avec l'oxyde de mercure d'après la technique de Maurice François (¹), elle était absolument exempte d'ammoniaque. Les spectres ont été photographiés avec quatre spectrographes à optique en quartz (E 1, E 383, E 2, E 31 de Hilger) et un spectrographe à vide avec un réseau de 1^m de rayon. La vapeur était contenue dans des tubes de 3, 15, 40, 53 et 100^{cm}, munis de fenêtres en quartz ou en fluorine, à des pressions variant de 0,1 à 432^{mm} et à des températures de 15° à 290° C. Des lampes à hydrogène avec fenêtres en quartz ou en fluorine servaient de sources lumineuses. Les positions des bandes et leurs intensités ont été mesurées à l'aide d'un microphotomètre.

Analyse du spectre. — Le spectre se compose de 45 bandes assez larges

(¹) *Comptes rendus*, 144, 1907, p. 567.

(en moyenne 60 cm⁻¹) ayant une structure caractéristique, les unes comprenant quatre à cinq composantes avec un maximum au milieu, les autres ayant trois à quatre composantes avec un bord net du côté des grandes longueurs d'onde. Par élévation de la température, certaines bandes augmentent fortement en intensité (surtout du côté des grandes longueurs d'onde), d'autres par contre changent faiblement. Ceci permet de reconnaître, quelles sont les périodes de l'état normal des molécules et celles qui appartiennent à l'état activé.

L'ensemble du spectre peut être décomposé en deux groupes de bandes A et a qui s'intercalent et qui sont décalés l'un par rapport à l'autre de 2050 cm⁻¹. Le groupe A est le plus intense comprenant des bandes entre 2398 et 1986 Å et le groupe a ayant une intensité 100 à 1000 fois plus faible, se distribue entre 2525 et 2197 Å. Le rapport des intensités A : a diminue lorsque la température augmente. Les groupes A et a se décomposent chacun en trois sous-groupes A_0, A_1, A_2; a_0, a_1, a_2 décalés l'un par rapport à l'autre de 650 cm⁻¹ et les intensités étant $A_0 > A_1 > A_2$; $a_0 > a_1 > a_2$, le rapport d'intensité variant fortement avec la température.

Il résulte de l'influence de la température que les fréquences 2050 et 650 cm⁻¹ appartiennent à la molécule normale. Chaque sous-groupe A_0, ...; a_0, ... se compose de 6 à 8 bandes distribuées suivant la période moyenne de 1000 cm⁻¹. Cette période appartient à une vibration de la molécule activée.

La formule générale du spectre est la suivante

$$\frac{1}{\lambda} = 42968 + 1000\,v' - 650\,v''_1 - 2050\,v''_2$$

(où $v' = 0, 1, 2, \ldots, 8$; $v''_1 = 0, 1, 2$ et $v''_2 = 0, 1$).

42968 cm⁻¹ ($\lambda = 2326{,}6$ Å) étant la position de la bande intense A_0^0.

La fréquence 2050 cm⁻¹ doit être rapprochée de la fréquence de l'état inférieur $X(^2\Sigma)$ du radical C : N qui est égale à 2069 cm⁻¹ (bandes du cyanogène). On pourrait donc admettre que la méthylamine a pour formule $H^2C : NH^3$ ainsi que l'avait admis Julius Thomsen (*Thermochemistry*, 1908, p. 428) d'après les données sur les chaleurs de formation des amines et de l'ammoniaque.

L'interprétation complète du spectre observé ne pourra être effectuée qu'après l'étude de la décomposition photochimique et la mesure de la distance C — N par la diffraction des rayons électroniques, entreprises par nous.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Coloration des sels de nickel en solution bromhydrique. Application de la loi d'action de masse en solution concentrée.* Note de M. **Paul Job**, présentée par M. Georges Urbain.

En présence d'une quantité suffisante d'acide bromhydrique, les solutions étendues de sels de nickel passent du vert au jaune verdâtre. Ce changement de coloration, moins net que pour les sels de cobalt ou de cuivre, peut cependant être étudié par la même méthode ([1]).

Soit une série de solutions, de concentration constante en sulfate de nickel ([2]) et dont la teneur en acide bromhydrique varie de 0 à 12^{mol} par litre; on mesure leurs coefficients d'absorption pour des longueurs d'onde comprises entre 500 et 700$^{m\mu}$. Pour les fréquences les plus faibles, l'absorption reste constante jusqu'à une concentration de 5^{mol} d'acide par litre, elle augmente ensuite rapidement et tend vers une limite atteinte aux environs de 11 N. Lorsque la longueur d'onde diminue, les courbes de l'absorption en fonction de la teneur en acide se déforment peu à peu; vers 620$^{m\mu}$, il apparaît un maximum, qui subsiste jusqu'aux environs de 520$^{m\mu}$.

Les résultats obtenus peuvent s'interpréter quantitativement ([1]), en admettant l'existence, dans les solutions, de deux complexes bromés en équilibre avec le sel primitif. Le Tableau suivant indique la composition de ces solutions en fonction de leur concentration en acide à 18°.

BrH (molécules par litre)	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Sel de nickel primitif (pour 100)	90	63,2	31,6	10,8	1,9	–	–	–
Premier complexe (pour 100)	10	36,4	65,2	76	60,6	24	5	1
Deuxième complexe (pour 100)	–	–	3,2	13,2	37,5	76	95	99

La loi d'action de masse s'applique à la formation de ces complexes dans les mêmes conditions que pour les exemples précédents ([1]), et l'on est conduit à leur attribuer, indépendamment des molécules d'eau qu'ils peuvent contenir, les formules $(NiBr^2)$ et $(NiBr^4)^{--}$, avec

$$K = \frac{[NiBr^2]}{[Ni^{++}](\gamma m)^2} = 6{,}03 \cdot 10^{-4} \quad \text{et} \quad K' = \frac{[NiBr^{4--}]}{[NiBr^2](\gamma m)^2} = 1{,}32 \cdot 10^{-5} \; (^3).$$

Dans les quatre cas étudiés (action de l'acide chlorhydrique sur les sels de cobalt, et de l'acide bromhydrique sur les sels de cobalt, de cuivre et de

---

([1]) P. Job, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 181, et **198**, 1934, p. 827.

([2]) Par exemple, 1/10e de molécule par litre.

([3]) Les formules entre crochets désignent les concentrations moléculaires, γ et m sont les coefficients d'activité et les molarités de l'acide bromhydrique.

nickel), tout se passe comme si la masse active de l'acide était proportionnelle à son « activité moyenne ». Il doit en être de même, si l'on remplace l'acide par un de ses sels alcalins. Les solutions de sels de cuivre dans le bromure de sodium, présentent les mêmes colorations que dans l'acide bromhydrique. A chaque concentration en BrH (1), correspond une concentration (d'ailleurs plus élevée) en BrNa, telle que les deux solutions présentent la même absorption et, par conséquent, contiennent les complexes bromés en proportions égales. On peut admettre que, dans ces conditions le sel et l'acide ont la même activité moyenne. On peut donc évaluer le coefficient d'activité des solutions de bromure de sodium en fonction de leur dilution. On obtient les résultats suivants :

Nombre de molécules BrNa pour 1000g d'eau	3,9	4,5	5,15	5,85	6,55	7,25	7,9
Coefficient d'activité	1,15	1,42	1,74	1,91	2,35	2,88	3,31

On peut enfin comparer ces valeurs calculées aux valeurs expérimentales, déterminées par Harned et Douglas (2) pour des molarités variant de 0 à 3. Si l'on construit la courbe des coefficients d'activité en fonction de la racine carrée de la molarité, on constate que la partie calculée prolonge sans discontinuité la partie expérimentale. Ce résultat montre que les hypothèses proposées sont cohérentes. Il semble donc que dans les réactions d'équilibre entre électrolytes, où l'un des constituants se trouve à une concentration très élevée, on puisse appliquer la loi d'action de masse, en prenant comme masse active de ce constituant son activité moyenne à la concentration correspondante.

CHIMIE MINÉRALE. — *Application de l'analyse thermique différentielle à l'étude des métaphosphates de sodium anhydres.* Note de M. **André Boullé**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons appliqué à l'étude des métaphosphates de sodium que nous avions décrits (3) l'analyse thermique différentielle. Pour chacun d'eux, nous avons effectué deux séries d'expériences.

La première donne les courbes d'échauffement C_1 depuis la température

(1) A condition qu'elle ne dépasse pas $4^{mol},5$ par litre.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 3098.

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 658.

ordinaire jusqu'au delà du point de fusion : P.F. = 640°, et les courbes correspondantes de refroidissement. On obtient ainsi l'ensemble des phénomènes, fusion comprise.

Pour la seconde série, l'échauffement était arrêté à 625-630° et l'on enregistrait ensuite le refroidissement d'un produit que la fusion n'avait pas modifié; nous appellerons C_2 les courbes de cette série; elles permettent de juger de la reversibilité possible des transformations produites par l'échauffement.

L'examen des clichés conduit aux résultats suivants :

Métaphosphate A (trimétaphosphate soluble). — Les courbes C_1 ne mettent en évidence aucune transformation; on observe uniquement les crochets correspondant à la fusion, puis à la solidification du liquide. Quant aux courbes C_2, elles ne présentent aucun accident; soit, que le produit A provienne de la déshydratation à $550 < t < 640$ de PO^4NaH^2 ou qu'il ait été préparé par la méthode de Knorre.

Métaphosphate A'. — L'analyse thermique du produit *brut* de déshydratation à $t < 300°$ de $P^2O^7Na^2H^2$ fournit des courbes d'échauffement dont le tracé général est moins net que dans les autres cas étudiés; néanmoins deux transformations se manifestent très distinctement :

1° l'une vers 430° correspondant au passage de la forme A' en la forme B insoluble;

2° l'autre s'étendant suivant la rapidité du chauffage de 550 à 590°. Elle correspond au passage à la forme A soluble.

Aucune de ces transformations n'est réversible; c'est ce que montre l'examen : 1° des courbes C_2; 2° des spectres X des produits ayant subi de longs recuits.

Métaphosphate B. — Ce nouveau corps provient du chauffage à $400 < t < 550$ de $P^2O^7Na^2H^2$; la courbe d'échauffement met en évidence le passage à la forme A soluble; celui-ci suivant la vitesse de chauffe, débute au plus tôt vers 525° pour se terminer au plus tard vers 590°.

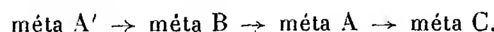
Cette transformation n'est pas réversible (comme précédemment examen des courbes C_2 et des spectres X des produits longuement recuits).

Métaphosphate C (hexamétaphosphate vitreux). — Le produit C pulvérisé cristallise brusquement entre 300° et 310°; la cristallisation est terminée vers 330°-340°. Aucune modification n'est enregistrée ensuite jusqu'à la fusion, suivie uniquement au cours du refroidissement du palier dû à la solidification.

Ces résultats confirment :

1° la non-existence dans les conditions énoncées du tétramétaphosphate de sodium;

2° la filiation que nous avions indiquée

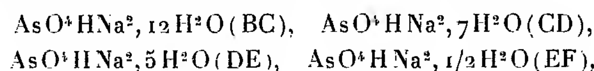

méta A′ → méta B → méta A → méta C.

Aucune de ces transformations n'étant réversible, les températures de passage d'une variété à la suivante sont déterminées d'une manière approchée; elles varient avec la vitesse et la durée de chauffe des produits et ne correspondent nullement à des points de transformation réversible.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'orthoarséniate disodique et sur ses hydrates.* Note de MM. **André Chrétien** et **Pierre Genet**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons déterminé, d'une manière précise, les équilibres entre solutions et solides relatifs au système H^2O — AsO^4HNa^2, dans tout l'intervalle de température accessible sous la pression atmosphérique. Antérieurement, seule existait une étude s'étendant seulement de 0° à 35° [1].

La courbe de solubilité (I) est formée de six branches. Les solides correspondants sont, en plus de la glace, les hydrates


$AsO^4HNa^2, 12H^2O$ (BC), $AsO^4HNa^2, 7H^2O$ (CD),
$AsO^4HNa^2, 5H^2O$ (DE), $AsO^4HNa^2, 1/2H^2O$ (EF),

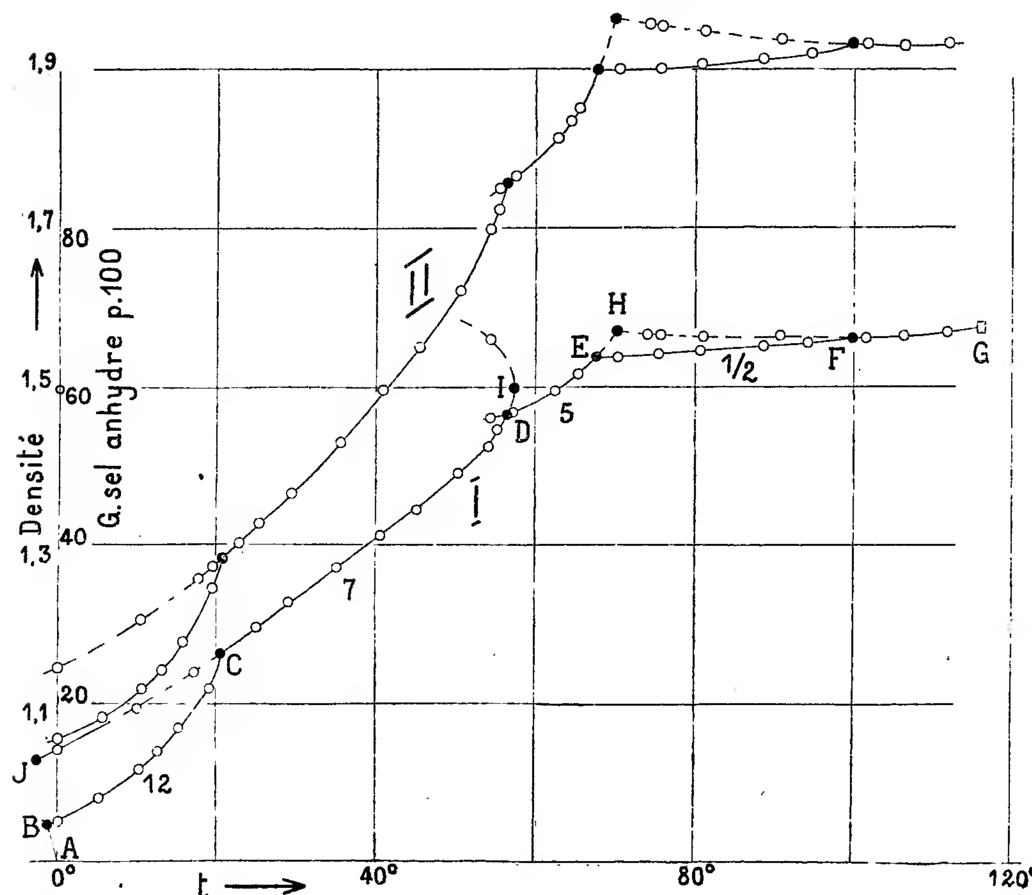
et le sel anhydre AsO^4HNa^2 (FG). Les cinq branches de sels se raccordent par quatre points de transition, dont voici les caractéristiques, et celles du point cryohydratique :

	Phases solides.	Température.	Gr. AsO^4HNa^2 pour 100.
Point B....	Glace — $AsO^4HNa^2, 12H^2O$	— 1°,24	4,6
» C....	$AsO^4HNa^2, 12H^2O$ — $AsO^4HNa^2, 7H^2O$	20,4	26,2
» D....	$AsO^4HNa^2, 7H^2O$ — $AsO^4HNa^2, 5H^2O$	56,2	56,4
» E....	$AsO^4HNa^2, 5H^2O$ — $AsO^4HNa^2, 1/2H^2O$	67,5	63,5
» F....	$AsO^4HNa^2, 1/2H^2O$ — AsO^4HNa^2	99,6	66,2

L'heptahydrate possède le plus grand domaine d'existence dans l'échelle des températures. La branche correspondante se prolonge en deçà du point C jusqu'au point d'eutexie métastable (J) (température, — 2°,73;

(1) Rosenheim et Thon, *Z. anorg. Chem.*, 167, 1927, p. 7.

concentration, $12^{g},7$ AsO^4HNa^2 pour 100). Elle se prolonge, d'autre part, au delà du point D, atteint le point I, qui correspond à un maximum de température, avec tangente parallèle à l'axe des concentrations, puis le dépasse. La solution relative au point I a la même composition que le solide



($59^{g},8$ AsO^4HNa^2 pour 100). L'équilibre métastable correspondant à ce point remarquable s'observe à $57°,2$. I est un point indifférent.

Le pentahydrate (¹) ne peut exister comme phase solide stable que dans un intervalle de température de 11°, mais il se rencontre comme solide métastable.

(¹) Le pentahydrate a été découvert par E. Cornec, Schreiber et Selva (*Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 51, P. V., 1932, p. 45) par déshydratation à température constante, dans un courant d'air d'humidité constante, du dodécahydrate AsO^4HNa^2, $12H^2O$.

L'hémihydrate possède un domaine de stabilité, relativement grand, qui s'étend de 67°,5 à 99°,6. Il ne se forme pas spontanément, en général; il faut amorcer. Son existence n'a jamais été signalée [1].

L'orthoarséniate disodique anhydre s'obtient facilement par évaporation à chaud ou par refroidissement. Il subsiste en équilibre métastable. Sa branche a été prolongée jusqu'à son intersection avec celle du pentahydrate. Le point de transition correspondant (H) est confondu pratiquement avec le point de fusion du pentahydrate. La solution en équilibre métastable avec le pentahydrate solide et le sel anhydre renferme, en effet, 67g,1 AsO^4HNa^2 pour 100, et le pentahydrate 67g,4; température, 70°,2.

La température normale d'ébullition de la solution saturée (point G) est 116°0.

La courbe des densités des solutions saturées (II) présente une allure analogue à la courbe de solubilité.

Tous les points remarquables : points d'eutexie, points de transition, point indifférent (équilibres stables et équilibres métastables) ont été confirmés par analyse thermique.

Le travail présente des difficultés à mesure que la température s'élève, par suite de l'intervention d'équilibres métastables, et de la viscosité des solutions, qui devient grande : à 100°, $\eta = 0,2655$ c. g. s, $d = 1,929$; pour l'eau, à 100°, $\eta = 0,0029$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'acide iodomercurique.*

Note de M. **Fernand Gallais**, présentée par M. Georges Urbain.

Dès 1827, Boullay [2] indique que le biiodure de mercure se dissout facilement dans les solutions concentrées chaudes d'acide iodhydrique, à raison de 1mol pour 1mol. Par refroidissement, ces solutions abandonnent du biiodure de mercure, puis des aiguilles jaunes transparentes; d'après les propriétés de ces solutions et des eaux-mères de ces cristaux, Boullay attribue à ces aiguilles la formule HgI^2, IH; Gmelin envisage également ces cristaux comme renfermant HgI^2.IH. M. François [3], par contre, leur

---

(1) Depuis, Selva a retrouvé l'hémihydrate par voie sèche à partir d'un échantillon de pentahydrate, préparé par voie humide, fourni par nous.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 2e série, 34, 1827, p. 357.

(3) *Thèse doctorat ès sciences*, Paris, 1901.

a attribué, en 1901, la formule $3HgI^2.2IH.10H^2O$, « la seule incertitude pouvant porter sur la quantité d'eau de cristallisation ». En raison des difficultés que présentent la préparation de ces cristaux, et surtout leur conservation (ils se décomposent presque instantanément à l'air) je n'ai pas tenté de les analyser. Leur individualité chimique ne pourrait d'ailleurs être établie avec certitude que par une étude méthodique du système qui leur donne naissance, comme cela a été fait pour le système HgI^2, KI, H^2O (1).

Je me suis proposé, au contraire, d'établir la constitution des solutions diluées d'iodure de mercure et d'acide iodhydrique. Berthelot (2) ayant trouvé que la dissolution du biiodure de mercure dans l'acide iodhydrique ou dans l'iodure de potassium produit sensiblement la même quantité de chaleur, on pouvait présumer, indépendamment de toute considération d'analogie chimique, que ces solutions présentaient une constitution comparable.

Cependant, lorsque j'ai cherché à suivre la réaction du bichlorure de mercure sur l'acide iodhydrique par des mesures de conductibilité, soit en employant le procédé que j'ai utilisé pour l'iodure de potassium (3), soit en appliquant rigoureusement la méthode des variations continues (4), je n'ai obtenu aucun résultat qui fût assez net pour être probant.

J'ai tenté alors de mettre à profit les propriétés magnéto-optiques exceptionnellement favorables qui ont été indiquées il y a fort longtemps pour l'iodomercurate de potassium. En 1893, en effet, O. Schönrock (5) attribue déjà à ce composé un pouvoir rotatoire magnétique moléculaire dix fois supérieur à celui du bichlorure de mercure. J'ai donc utilisé la mesure de l'effet Faraday pour l'étude des mélanges $HgCl^2 + IH$ par la méthode des variations continues. Cette application, qui, à ma connaissance, n'avait encore jamais été réalisée, m'a donné des résultats très satisfaisants.

Les mesures ont été faites pour la raie verte du mercure $\lambda = 0{,}5461\,\mu$, la chute de potentiel magnétique le long du rayon lumineux étant de 244.10^3 gauss-centimètres. Un analyseur à pénombre, permettait de préciser les pointés à un centième de degré près environ.

La courbe I représente la rotation observée dans ces conditions pour le mélange des

---

(1) M. Pernot, *Thèse doctorat ès sciences*, Paris, 1932.

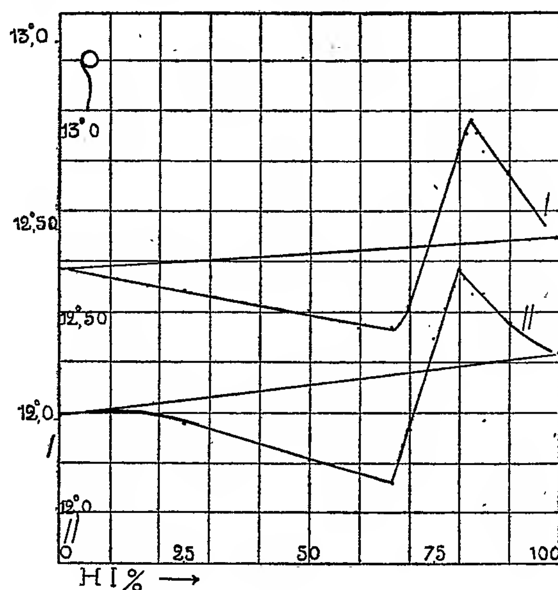
(2) *Bull. Soc. Chim.*, **38**, 1882, p. 369.

(3) F. Gallais, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 875.

(4) P. Job, *Ann. Chim.*, 10e série, **9**, 1928, p. 113.

(5) O. Schönrock, *Z. Ph. Ch.*, **11**, 1893, p. 782.

solutions aqueuses dixième moléculaires de IH et de $HgCl^2$ en proportions relatives variant de 0 à 100 pour 100. Elle présente un maximum très net pour le mélange à 82,5 pour 100 sensiblement de IH. La courbe II a été obtenue parallèlement avec des solutions de même concentration dans l'alcool à 20°; son maximum correspond très exactement au mélange à 80 pour 100 de IH. (Les droites qui exprimeraient la loi d'additivité ont un coefficient angulaire si faible que les courbes d'écart à l'additivité diffèrent extrêmement peu des courbes expérimentales; je ne les ai pas reproduites



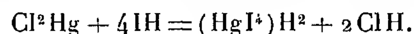
pour cette raison.) Les deux courbes traduisent en outre par un second point anguleux correspondant à 66,6 pour 100 de IH la précipitation totale du mercure sous forme de biiodure.

Le complexe se formerait donc en solution dans l'alccol à 20° par action d'une molécule de $HgCl^2$ sur quatre molécules de IH :



$$Cl^2Hg + 4IH = (HgI^4)H^2 + 2ClH,$$

tandis qu'en solution acqueuse, sa formation donnerait lieu à un équilibre



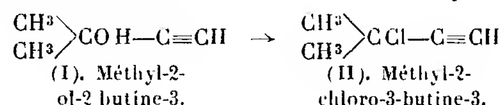
$$Cl^2Hg + 4IH = (HgI^4)H^2 + 2ClH.$$

Je n'ai pas répété ces expériences pour des concentrations plus faibles parce qu'elles auraient trop perdu de précision. Mais la similitude que présentent ces résultats avec ceux que j'ai obtenus par des méthodes différentes, pour plusieurs iodomercurates, permet de penser que l'anion complexe pré-

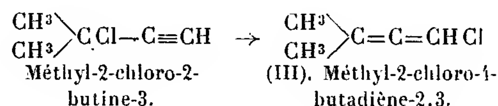
dominant dans les solutions d'acide iodomercurique renferme effectivement 4[at] d'iode dissimulés. L'acide HgI^4H^2 correspond à l'iodomercurate d'argent HgI^4Ag^2 que j'ai préparé. Par contre, je n'ai pu obtenir d'iodomercurate d'éthyle avec un rendement appréciable, ni par éthérification directe, ni par action de l'iodure d'éthyle sur l'iodomercurate d'argent.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Transposition moléculaire acétylène-allène-diénique graduelle des halogènehydrines*. Note de M. **Al. Favorsky** et M[lle] **Tatiana Favorskaja**, présentée par M. Auguste Béhal.

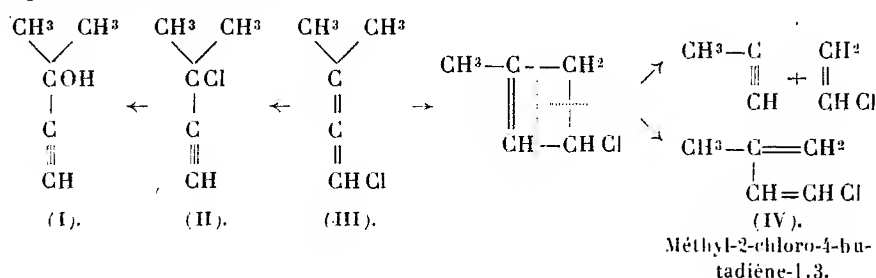
Sous l'action de l'acide chlorhydrique en présence de Cl^2Cu et $ClNH^4$ le diméthylacétylénylcarbinol donne la chlorhydrine correspondante, Éb. 76°, poids spécifique 0,9061,



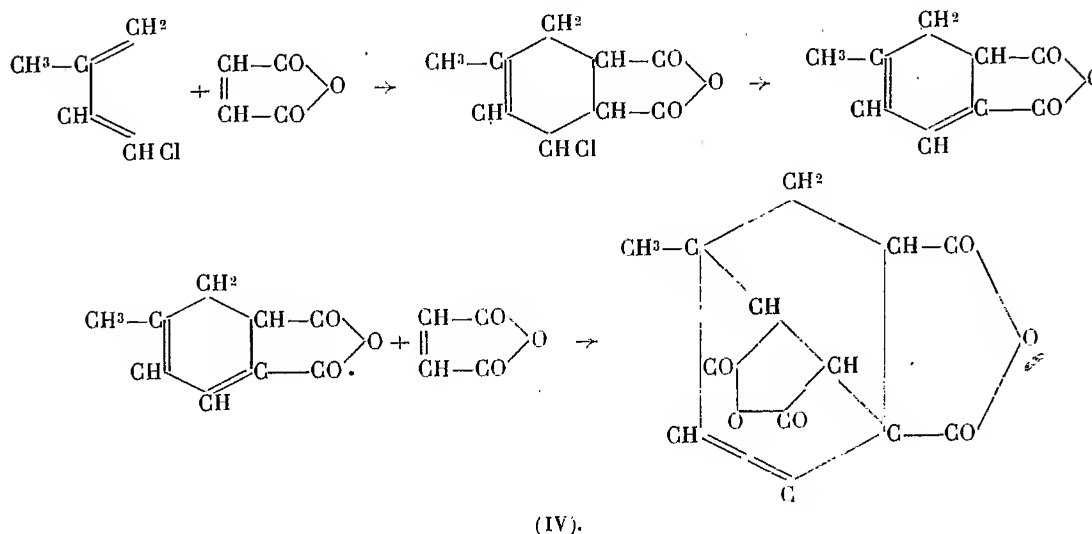
donnant un dépôt blanc avec la solution ammoniacale de l'oxyde d'argent. On obtient la même chlorhydrine pendant une action brève de l'acide chlorhydrique sur cet alcool en présence de Cu^2Cl^2 et NH^4Cl; si la réaction dure longtemps, la chlorhydrine s'isomérise dans ces conditions dans le sens indiqué :



Le nouveau chlorure bout à 102-103°, poids spécique 0,9515, avec la solution ammoniacale de l'oxyde d'argent il ne donne pas de dépôt, oxydé par le permanganate de potassium, il donne l'acide oxy-*iso*-butyrique. Chauffé avec de l'eau en présence du carbonate de calcium, il subit les transpositions suivantes :



La formation de l'allylène fut prouvée par son hydratation en acétone, la formation de l'α-chlorisoprène (éb. 99-100°, poids spécifique 0,9543*), par la réaction avec l'anhydride maléique.



(IV).

La réaction est accompagnée par un dégagement abondant de gaz chlorhydrique. On a éliminé et caractérisé deux acides dicarboniques à p. f. 210-211° et 239-241° et deux acides tétracarboniques à p. f. 298-299° et 352-353°.

L'étude des autres halogènehydrines, de formule $C^nH^{2n-3}X$, sera poursuivie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'une méthyl et d'une diméthylhexite.* Note de M. **Joseph Wiemann**, présentée par M. Robert Lespieau.

L'oxydation par le chlorate d'argent et l'acide osmique nous a permis, à M. Lespieau et à moi, de faire la synthèse de la mannite racémique et de l'allodulcite [1]; en opérant en solution très étendue (8g de produit à oxyder par litre), j'ai pu depuis porter le rendement à 32 pour 100 de produits cristallisés.

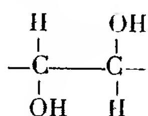
La même méthode devait donner, appliquée au vinyl-propénylglycol,

---

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1946, et **195**, 1932, p. 886.

des méthylhexites, dont on ne connaît jusqu'à présent que les rhamnohexites, appliquée au dipropénylglycol, des diméthylhexites, dont aucune n'est connue actuellement. C'est bien ce que j'ai observé.

1° Le premier de ces glycols m'a fourni ainsi, avec un rendement de 20 pour 100, un corps de formule brute $C^7H^{16}O^6$ (C pour 100 : 43,02; H pour 100 : 7,9 pour 42,86 et 8,1) : F. = 190°; celui-ci, additionné de cinq fois son poids d'anhydride acétique puis maintenu 6 heures à 140°, a donné une hexa-acétine $C^{19}H^{28}O^{12}$ (C pour 100 : 50,58; H pour 100 6,29 pour 50,89 et 6,25), fondant à 142°. On est donc bien en présence d'une hexite CH^3—$(CHOH)^5$—CH^2OH. Sa constitution dans l'espace reste encore à déterminer; mais on peut déjà dire que les deux premiers radicaux oxhydriles ont la position suivante :



Ils proviennent, en effet, de la fixation de deux OH sur une liaison éthylénique amenée par l'aldéhyde crotonique, fixation faite par le chlorate d'argent et l'acide osmique; or comme l'ont montré Milas et Terry (1), et Géza Braun (2), on a dans ce cas une cis-addition, comme avec le permanganate de potassium; et d'autre part l'aldéhyde crotonique, ainsi que l'acide qui en dérive, ont une liaison éthylénique *trans* (3).

2° Le dipropénylglycol de Charon, toujours dans les mêmes conditions, m'a donné une diméthyl-hexite $C^8H^{18}O^6$ (C pour 100 : 45,51; H pour 100 : 8,65 au lieu de 45,71 et 8,57) avec un rendement de 12 pour 100; le point de fusion en est 250° au bloc Maquenne avec décomposition, et 245° au tube capillaire chauffé assez rapidement. Traitée par l'anhydride acétique cette hexite donne, avec un rendement quasi quantitatif, une hexa-acétine fondant à 157°-159°, et après purification à 160°; elle a bien pour formule $C^{20}H^{30}O^{12}$ (C pour 100 : 51,65; H pour 100 : 6,49 pour 51,45 et 6,49).

En essayant la même oxydation sur le dipropénylglycol symétrique, que j'ai préparé précédemment (4), je n'ai pas obtenu cette hexite, qui vu sa

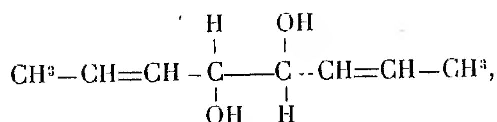
(1) *Jour. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 1412.

(2) *Jour. Amer. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 228-248.

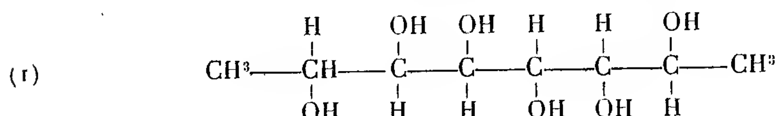
(3) Voir Milas et Terry, *loc. cit.* et Mlle Blanche Gredy et M. Léon Piaux, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1235.

(4) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1654.

faible solubilité dans l'eau (inférieure à 0,5 pour 100) et l'alcool est très facile à isoler; il faut donc que celle-ci dérive du dipropénylglycol racémique,



et ceci nous fait connaître les positions relatives des deux oxyhydriles du centre de la molécule; nous connaissons aussi celles des deux oxhydriles voisins des extrémités; ce sont les mêmes, et pour les mêmes raisons, que chez le vinyl-propénylglycol; de plus dans la synthèse de l'allodulcite et de la *dl*-mannite précédemment citée, les deux oxhydriles se sont toujours fixés du même côté que les deux oxhydriles déjà présents; dans ces conditions la formule la plus probable pour la diméthyl-hexite en question serait celle d'un mélange racémique du corps répondant à la formule

(1) 

avec son inverse optique; il reste à vérifier par des méthodes d'oxydation que les oxhydriles des carbones 3 et 4, 5 et 6 ont bien la position relative indiquée, et je m'y emploie.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'histoire des sols des terrasses inférieures du Rhin en Haute-Alsace*. Note de M. **J. Franc de Ferrière**, présentée par M. Lucien Cayeux.

J'ai eu l'occasion, pendant l'hiver 1931-1932, de relever de nombreux profils de sols le long de la tranchée creusée pour la pose du pipe-line d'évacuation au Rhin des eaux résiduaires des Mines de potasse de la région de Mulhouse. La tranchée observée coupait, en direction Est-Ouest, les sols des alluvions modernes du Rhin entre les villages de Blodelsheim et Rumersheim, ceux du niveau inférieur de la Basse-terrasse, et ceux du niveau moyen de la Basse-terrasse, en forêt de la Harth. Plus à l'Ouest, le pipe-line pénètre dans la vallée de l'Ill. Ces divers niveaux sont tous dépourvus de couverture lœssique.

Les sols des alluvions modernes sont peu différenciés. La roche-mère C y

est constituée par un limon sableux fin, calcaire, de couleur jaunâtre. Le sol superficiel ne présente pas de décalcification par rapport à sa roche-mère; il s'en distingue par sa teinte noirâtre, due à l'humus calcique. Les points bas du terrain présentent une accumulation d'humus plus forte, avec teinte noire plus accentuée. Si nous rapprochons ces sols de ceux décrits par les pédologues russes, nous sommes amené à les comparer aux *sols de tchernozioms* de la steppe moyenne qui présentent un horizon supérieur A_0 teinté par l'humus reposant sur la roche-mère C, sans différenciation éluviale et illuviale bien nette. Notons qu'actuellement la plaine de Haute-Alsace bénéficie d'un climat faiblement pluvieux. L'indice d'aridité, selon E. de Martonne, est de 23 à Colmar; or, d'après cet auteur, la forêt n'apparaît en général qu'au-dessus de l'indice 30. Le sol à faciès substeppique des alluvions modernes est donc le sol climatique actuel de la plaine du Rhin.

Le niveau inférieur de la Basse-terrasse nous montre encore des sols noirs, mais ici ils sont partiellement décalcifiés; et au voisinage du rideau qui porte la limite de la forêt de la Harth, ils offrent l'aspect de sols bruns rougeâtres entièrement décalcifiés et à réaction voisine de la neutralité. Ils présentent cependant encore vers le bas une couche humifère noirâtre, qui les sépare de la roche-mère sableuse. Il se rapprochent par conséquent des sols que les pédologues russes appellent des *tchernozioms dégradés*, sols de steppes secondairement envahis par la végétation forestière. Il semble que ces sols aient passé successivement par un stade steppique herbeux analogue à celui observé actuellement sur les sols d'alluvions modernes, puis par un stade forestier, la forêt n'ayant réussi à envahir qu'une partie de la surface de cet échelon et ayant ensuite abandonné sa conquête.

Le niveau moyen de la Basse-terrasse porte la forêt de la Harth. Nous observons ici les sols les plus évolués : ils sont partiellement podsolisés, présentant en certains points à leur partie inférieure des accumulations d'humus calcique noirâtre. Ce sol brun présente cinq horizons pédologiques distincts : A_0 horizon humifère supérieur, brun grisâtre, acide (pH 5,0), A horizon éluvial jaunâtre, acide et lavé de la majeure partie de ses colloïdes argilo-ferrugineux, B_1 horizon illuvial d'accumulation des colloïdes argileux fortement rubéfiés, B_2 horizons illuviaux humide et calcaire, C roche-mère. La forêt s'est établie ici aussi sur un sol primitivement steppique ou substeppique et y a constitué peu à peu un sol brun partiellement podsolisé, sol typique des vieilles forêts de chênes. Cette essence est aujourd'hui encore l'essence dominante de la Harth.

L'histoire pédologique des terrasses inférieures du Rhin, dans la région mulhousienne, présente donc les phases suivantes qui s'encadrent dans les périodes climatiques de Blytt-Sernander et Hartz-Johansen : le niveau moyen de la Basse-terrasse, lorsqu'il a été abandonné par le fleuve a vu d'abord se développer à sa surface un sol noirâtre, couvert de végétation herbacée, sous un climat relativement sec, assez analogue au climat actuel. Cette période correspond à l'époque *boréale* sèche, à climat continental. L'époque *atlantique* humide et tiède a vu se constituer la forêt de la Harth, avec ses sols forestiers bruns, faiblement podsoliques : le chêne s'installe dans la plaine alsacienne. Au *Subboréal* à nouveau plus sec, le niveau inférieur de la Basse-terrasse, exondé à son tour, se couvre d'une végétation herbacée, génératrice de sols noirs. Au *Subatlantique*, reprise de l'influence atlantique humide, la forêt envahit une partie du niveau inférieur; nous retrouvons aujourd'hui sa trace sous forme de sols bruns ayant dégradé les sols noirs.

Enfin, à *l'époque actuelle*, qui a vu émerger les alluvions modernes, correspond la formation des sols noirâtres, substeppiques, à la surface de ces alluvions, et le recul de la forêt de la Harth. Celle-ci s'est aujourd'hui réfugiée sur les anciens sols forestiers les plus évolués, datant de la période atlantique; elle présente en divers endroits des signes de dépérissement, qui paraissent dus au climat local actuel de la plaine d'Alsace peu favorable à la végétation forestière.

La forêt de la Harth s'est donc installée à l'époque atlantique sur le niveau moyen de la Basse-terrasse du Rhin, émergé un peu avant le Boréal, c'est-à-dire avant le début du Flandrien moyen défini par G. Dubois. L'influence climatique humide, qui a permis ce développement de la végétation forestière, est contemporaine de la transgression marine de la mer à Littorines du Flandrien moyen. Après une régression forestière au Subboréal, une seconde extension forestière s'est produite en Alsace au Subatlantique (début du Flandrien supérieur); elle est suivie aujourd'hui d'un recul dû à un dessèchement du climat.

GÉOLOGIE. — *Sur le Stéphanien supérieur et le Permien du bassin de Villé en Alsace*. Note de M. **Georges Renouard**, transmise par M. Charles Barrois.

Le bassin permien de Villé est une dépression synclinale tracée en direction varisque sur le versant alsacien des Vosges moyennes. On y connaît,

sous une couverture triasique démantelée, des lambeaux de Houiller et de Permien reposant sur un socle hercynien antéstéphanien. Ces couches ont été étudiées par Élie de Beaumont, Daubrée, Vélain, et du point de vue paléobotanique par Boulay, Zeiller, Sterzel; leur stratigraphie qui est surtout due à Benecke et Van Werveke ([1]) a fait l'objet de mises au point récentes ([2]). J'en ai repris l'étude, m'efforçant surtout d'en revoir la flore fossile (à l'exception de la flore stéphanienne de Lalaye).

1° L'*assise d'Albé* (= *Erlenbach*) (105^{m} d'épaisseur minimum) schisto-conglomératique avec houille à la base, calcaro-dolomitique avec lits de cinérites ([3]) vers le sommet, est placée tantôt dans le Stéphanien, tantôt dans l'Autunien en raison des caractères mixtes de sa flore déjà décrite par mes prédécesseurs et dont j'ai retrouvé la plupart des éléments. A côté de ceux-ci, j'ai pu récolter *Sphenopteris cristata* Brongn., *Odontopteris subcrenulata* Rost, *Tæniopteris multinervis* Weiss. Les deux dernières espèces accentuent les affinités autuniennes de la flore, qui pourtant ne contient pas *Callipteris conferta* (observation de mes prédécesseurs que je ne puis que confirmer). Par ses caractères stratigraphiques et lithologiques, l'assise d'Albé rappelle celle de Breitenbach (Ottweiler supérieur) du Stéphanien supérieur sarro-lorrain ([4]), avec toutefois des dissemblances silvatiques marquées.

J'ai retrouvé les calcaires ou dolomies de l'assise d'Albé au nord-est du bassin, comme l'avaient observé déjà Daubrée et Boulay, à Itterswiller, Nothalten, Neumatten, Heissenstein, ainsi qu'à Bernardvillé, sous l'Eichelberg où, grâce à des travaux vicinaux, j'ai pu observer leur intercalation normale entre le socle hercynien préstéphanien (quartzophyllades de Villé) et les arkoses et schistes de Triembach ([5]).

II. Le *Permien* est représenté par les assises de Triembach (équivalente de l'Unterrotliegendes sarrois), de Meisenbuckel (équivalente de l'assise de

---

([1]) *Mitt. Geol. Landesanst. Els. Loth.*, 3, 1892, p. 45-103.

([2]) Jung, *Contr. Géologie Vosges hercyniennes d'Alsace*, 1928, p. 418-424; Dubois, *Exposé somm. Géologie de l'Alsace et des Vosges*, 1934, p. 29-36.

([3]) Un lambeau rhyolithique que j'ai reconnu au flanc ouest de l'Ungersberg, paraît se placer vers le sommet de l'assise d'Albé ou au plus haut, vers la base de l'assise de Triembach.

([4]) Pruvost, *Bassin houiller Sarre et Lorraine*, 3, 1934, p. 94-95.

([5]) Je ne conserve donc pas la manière de voir de Benecke et Van Werveke qui avaient attribué les couches d'Heissenstein au Permien, en les plaçant sur les schistes de Triembach.

Sötern sarroise), de Kohlbächel (équivalente des assises de Wadern et Kreuznach sarroises). Les deux premières appellent des remarques nouvelles.

L'*assise de Triembach* (70^m), ensemble de poudingues (à galets de rhyolite à la base), arkoses, schistes gris ou violacés, parfois charbonneux, lits de rognons dolomitiques, nombreux troncs silicifiés vers la base, a livré à mes prédécesseurs une flore autunienne à Villé (Puits du Diable) et Albé (carrière d'arkose à taches arsenicales). De nouvelles fouilles à la carrière d'Albé, à Triembach (construction d'habitation), à Horwarth (talus d'une route) m'ont permis de récolter de nombreux échantillons se rapportant pour une part importante à des formes non encore citées dans le bassin de Villé et dont voici la liste :

Adiantites recentior Gd'Eur., *Sphenopteris* cf. *subelegans* Sterzel, *Pecopteris Bucklandi* Brongn., *Callipteridium pteridium* Schl., *Callipteris Naumanni* Gutbier, *C.* cf. *flabellifera* Weiss, *C. Jutieri* Zeiller, *Neuropteris obliqua* Brongn., *Alethopteris Costei* Zeiller, *Annularia* (?) *sphenophylloides* Zenker, *Walchia hypnoides* Brongn., *Cordaicarpus* cf. *sclerotesta* Brongn., *C.* cf. *Eiselianus* Geinitz, *Trigonocarpus* cf. *Schultzi* Göpp. et Berger, (?) *Samaropsis, Polypterocarpus.*

La flore autunienne de l'assise de Triembach permet l'assimilation de celle-ci à l'Unterrotliegendes sarrois, sans qu'on en puisse ici retrouver avec netteté les subdivisions (sans doute par suite de l'absence du faciès de Lebach dans le bassin de Villé).

Dans l'*assise de Meisenbuckel* ou *Mæusebuckel* (60^m), j'ai relevé des alternances répétées de lits de cinérites avec des lits d'argiles et de brèches sédimentaires à éléments éruptifs (on sait que l'assise de Sötern en Sarre est, elle aussi, riche en produits éruptifs avec lits cinéritiques).

GÉOLOGIE. — *Résultats d'analyses polliniques de tourbes littorales flandriennes entre Penmarc'h et Concarneau.* Note de M. **Georges Dubois** et Mme **Camille Dubois**, transmise par M. Charles Barrois.

Désireux de comparer l'histoire forestière flandrienne des rivages méridionaux du Finistère, à celle de ses rivages septentrionaux, précédemment esquissée ([1]), nous avons exploré plusieurs tourbières littorales entre la presqu'île de Penmarc'h et Concarneau, le festonnement du rivage nous

([1]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1145.

ayant fait espérer que certaines de ces tourbières avaient pu recueillir du pollen échappé de l'ancienne forêt de Cornouaille couvrant les terres avancées de Pont-l'Abbé et Fouesnant.

A. *Tourbe du vallon de Talamot.* — Cette tourbe est la plus instructive de toutes celles examinées. Elle forme le sous-sol du vallon de Talamot qui aboutit au nord-ouest de Concarneau à la plage des Grands Sables Blancs, en baie de la Forest. Le vent d'Ouest n'apporte guère aujourd'hui, à la plage comme au vallon, que les embruns de la baie. Dans la prairie face à Ty Chupen Gwen, notre sonde a traversé jusqu'à $4^m,40$ de tourbe très pure, molle, riche en débris végétaux, avec pollens nombreux à plusieurs niveaux, moins fréquents à d'autres. L'analyse pollinique accuse la présence d'un groupement silvatique d'Aulne et de Chêne depuis le début jusqu'à la fin de la formation tourbeuse, avec prédominance successive alternée d'Aulne, de Chêne, d'Aulne encore, de Chêne pour terminer. Le Coudrier est rare avec quelques poussées irrégulières. Orme et Pin ne sont représentés que par de très rares pollens; on n'observe pas de Hêtre.

Sur la *plage des Grands Sables Blancs*, affleure une tourbe dure et compacte, découverte lors des grandes marées, submergée à marée haute. De l'examen des lieux et de l'analyse pollinique, nous avons pu conclure que la tourbe submergée n'est que le prolongement vers l'aval, des couches basses de la tourbe du vallon de Talamot. Nous évaluons : 1° que le gisement tourbeux submergé a été décapé de ses couches supérieures sur environ $2^m,50$ d'épaisseur par l'érosion marine; 2° que les couches restantes ont pu être comprimées ensuite de un tiers environ de l'épaisseur qu'elles possédaient avant leur submersion.

B. *Tourbes de Loctudy.* — Tout le long du rivage avoisinant Loctudy, s'alignent de petits gisements tourbeux submergés à marée haute, signalés par M. Barrois sur la carte géologique (feuille de Pont-l'Abbé). Ils ont pu recevoir directement, porté par les vents dominants, du pollen venu des terres de Penmarc'h, Pont-l'Abbé. Deux gisements se sont montrés assez riches en pollens : celui de *Kervilzic* ($0^m,80$ d'épaisseur) et celui de *Saint-Oual* (Penanguer) ($0^m,60$ d'épaisseur). Tous deux montrent sensiblement le même diagramme pollinique : Chêne croissant aux dépens de l'Aulne; Hêtre présent à presque tous les niveaux bien que peu abondant; Coudrier et Orme de fréquence moyenne; Pin très rare.

C. *Conclusions.* — Toutes les tourbes examinées sont sensiblement de même âge flandrien moyen.

Les terres massives de Penmarc'h, Pont-l'Abbé ont porté des forêts de

Chêne avec un peu de Hêtre, l'Aulne occupant les dépressions voisines des tourbières. En baie de Concarneau ouverte aux vents du large, le Hêtre n'est pas représenté; il ne devait exister sans doute qu'à l'intérieur des terres.

Vers la fin de la transgression flandrienne, les dépressions couvertes d'Aulnes ont été envahies par la mer; l'Aulne a plus ou moins disparu, le Chêne a persisté : on le voit encore le long des berges des *rivières* (rias) toucher la mer de ses branches à marée haute.

Le gisement de Talamot-Grands Sables Blancs montre que dans l'étude des tourbes submergées il faut éventuellement tenir compte de l'existence de couches supérieures de tourbe enlevées par l'érosion marine et de la compression des couches respectées par celle-ci.

GÉOLOGIE. — *Variations de débit des sources thermales d'Aix-les-Bains.* Note de M. **Georges Schneider**, présentée par M. Louis de Launay.

Nous avons appelé (¹) débit propre des sources thermales d'Aix-les-Bains, la différence entre le débit mesuré et le débit des eaux étrangères qui se mélangent aux eaux thermales dans la région des émergences. En pratique, on calcule celui-ci en admettant que les températures propres des eaux thermales sont de 46°7 pour la source Alun, de 43°4 pour la source Soufre, c'est-à-dire égales aux maxima de températures observées, et que les eaux étrangères sont à la même température que les eaux recueillies dans un drain superficiel établi au-dessus des sources, à trois mètres de profondeur moyenne dans les alluvions. Les débits propres sont notés au moins une fois par semaine, depuis octobre 1933, et les résultats reportés graphiquement, en comptant en abscisses les débits propres d'Alun et en ordonnées ceux de Soufre. On considère seulement ici les observations correspondant à une température mesurée de 42°9 au moins pour l'eau de Soufre.

Les points représentatifs s'alignent sur une droite L_1 dont la pente $p_1 = \Delta Dps/\Delta Dpa$, quotient des variations de débit des deux sources, est de l'ordre de 1/12. Puisqu'à chaque instant Dps et Dpa correspondent à une même charge, au point M où le courant thermal unique se divise pour suivre soit le filon de Soufre, soit celui d'Alun, on en conclut que *les pertes*

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 80.

de charge des écoulements distincts dans ces filons sont proportionnelles aux débits propres. Ceci s'accorde bien avec l'ordre de grandeur des vitesses d'écoulement notées aux griffons des sources : quelques centimètres à la seconde. On peut penser que les vitesses en profondeur ne sont pas beaucoup plus considérables.

De 34,4 l/sec le 29 mars 1934, le débit propre d'Alun est tombé à 18,8 le 8 décembre 1934, soit en moins 45 pour 100 du maximum observé. C'est que le mois de mars fut très pluvieux et l'été particulièrement sec. Parallèlement, on a noté des diminutions de débit, entre mars 1932 et octobre 1934, de 33 pour 100 à la Grande Source de Salins-Moûtiers et à la Source Hybord de Brydes, entre mai 1932 et septembre 1934, de 45 pour 100 à la source de l'Échaillon de Saint-Jean-de-Maurienne. *L'ampleur de ces variations résulte du fait que, pour les sources d'origine météorique et de type filonien, comme les précédentes, le débit n'est qu'exceptionnellement constant.* En l'absence de pluie, le taux de décroissance du débit propre de la source Alun est d'environ 0,05 à 0,15 l/sec par jour, suivant la valeur initiale de ce débit, dont il est une fonction croissante. Les pluies provoquent une augmentation de débit beaucoup plus rapide : ainsi il a fallu 73 jours, pour que le débit propre d'Alun tombe de 23,6 à 20 litres (août-octobre 1934), tandis qu'en 7 jours (décembre 1934), ce débit a augmenté de 20 à 23,6, à la suite des pluies (60^{mm} environ à Aix ou à Annecy). Pour ce type de sources, un seul chiffre de débit n'a pas d'intérêt; il faut déterminer *les valeurs limites des débits pour une pluviosité normale.*

Les variations du débit propre de Soufre sont moins importantes que celles d'Alun : 16 pour 100 seulement du débit le plus fort en 1934. Cela s'explique : la perte de charge depuis le point M jusqu'à l'émergence, est d'environ 12^{m} plus grande pour l'écoulement de Soufre, dont le griffon est situé 12^{m} plus bas que celui d'Alun. Les deux écoulements s'effectuant avec des vitesses du même ordre, on en conclut que *le filon de Soufre est plus long ou plus étroit.* Dès lors, une même variation de perte de charge correspond à une variation de débit plus faible pour Soufre que pour Alun. On comprend en outre pourquoi la température de Soufre est inférieure à celle d'Alun : cela est dû à *un refroidissement plus accentué des eaux de Soufre au terme de leur ascension;* on ne pourrait admettre un mélange à température constante d'eau froide avec de l'eau de Soufre.

Le taux de décroissance du débit propre de Soufre, le long de la droite L_1 est, au maximum, de 0,003 à 0,1 l/sec par jour, suivant la valeur initiale du débit, dont il est une fonction croissante. Au total, pour les

deux sources, le taux de décroissance du débit varie de 0,16 à 0,05 l/sec environ, c'est-à-dire est réduit au tiers, quand le débit propre global diminue de 43,4 à 31,2 l/sec, c'est-à-dire est ramené à 70 pour 100 de sa valeur initiale. Si l'ensemble des cavités souterraines, qui constituent le réservoir origine alimentant les sources thermales, était un cylindre vertical, le taux de décroissance varierait proportionnellement au débit, puisque la perte de charge est proportionnelle à celui-ci. Le taux décroissant beaucoup plus vite, *le réservoir origine doit s'évaser en profondeur*, ce qui est un facteur de stabilité du débit des sources. Il est remarquable qu'on soit amené aussi indirectement à cette conclusion qui paraît bien d'accord avec les idées de M. Martel.

SISMOLOGIE. — *Sur l'étude des sismogrammes.*
Note de M. **G. Demetrescu**, présentée par M. Charles Maurain.

Considérons une oscillation sismique représentée par l'équation

$$(1) \qquad x = \mathrm{B}\, e^{at} \sin \omega t, \qquad \omega = \frac{2\pi}{\mathfrak{T}},$$

$\mathfrak{T}$ étant la période, supposée constante, de l'oscillation sismique, B et a des constantes.

Il est facile de démontrer que, dans ce cas, la courbe enregistrée par un sismographe est représentée par l'équation suivante

$$\theta = \mathrm{J} + \mathrm{A}\, e^{at} \sin \omega t,$$

où θ est l'élongation du style, A une constante, J l'intégrale du premier membre de l'équation différentielle de mouvement du pendule; $\theta = \mathrm{J}$ exprime le mouvement libre sous l'impulsion initiale.

Le pendule étant amorti, son oscillation libre, par conséquent le terme J, s'annulent après un court intervalle de temps, si d'autres impulsions discontinues n'interviennent pas; on a $\mathrm{J} = 0$, et la courbe enregistrée se réduit à

$$(2) \qquad \theta = \mathrm{A}\, e^{at} \sin \omega t.$$

Si donc on trouve sur un sismogramme quelques oscillations se succédant avec une période constante $\mathfrak{T}$ et des amplitudes variant suivant une loi exponentielle, on est en droit de considérer ces oscillations comme produites par un mouvement du sol représenté par l'équation (1).

Il est facile de déterminer dans ce cas les éléments des ondes sismiques. L'équation du mouvement est

$$\theta + 2nh\int\theta\,dt + n^2\int dt\int\theta\,dt + Ct + D = -Vx \qquad \left(n = \frac{2\pi}{T_0}\right),$$

T_0 étant la période d'oscillation libre du pendule non amorti, h la constante d'amortissement, V le facteur d'agrandissement géométrique, C, D les constantes d'intégration.

En substituant la valeur de θ dans cette équation, en posant

$$u = \frac{n}{\omega} = \frac{\mathfrak{T}}{T_0}, \qquad \alpha = \frac{a}{\omega},$$

$$M = -1 - \frac{2\alpha}{1+\alpha^2}hu + \frac{1-\alpha^2}{(1+\alpha^2)^2}u^2, \qquad P = \sqrt{M^2+N^2},$$

$$N = \frac{2}{1+\alpha^2}hu + \frac{2\alpha}{(1+\alpha^2)^2}u^2, \qquad \operatorname{tang}\omega\tau = \frac{N}{M}$$

et, en laissant de côté le terme linéaire $Ct + D$, l'équation du mouvement devient

(3) $$x = \frac{P}{V}Ae^{at}\sin(\omega + \tau).$$

Pour $a = 0$, on a

(4) $$x = \frac{P}{V}A\sin\omega(t+\tau), \qquad P = \sqrt{(u^2-1)^2 + 4h^2u^2}, \qquad \operatorname{tang}\omega\tau = \frac{2hu}{u^2-1},$$

et l'on reconnaît, au signe près de τ, l'équation généralement utilisée à l'étude des oscillations sismiques de période et d'amplitude constantes.

La différence sur le signe de τ est explicable : dans l'équation (4) l'origine du temps est déterminée par la condition $\theta = 0$; dans l'équation généralement utilisée par la condition $x = 0$.

Quant aux valeurs des constantes A et a ou α, elles se déterminent facilement. Désignons par $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \ldots$, les valeurs absolues des élongations maxima du style pour les ondes considérées. On a

$$A = \theta_1\sqrt{\frac{\theta_1}{\theta_2}}, \qquad A_2 = \theta_1^2\sqrt{\frac{\theta_1}{\theta_3}}, \qquad \ldots, \qquad A^{i-1} = \theta_1^{i-1}\sqrt{\frac{\theta_1}{\theta_i}};$$

$$a = 2\,\frac{\log\theta_2 - \log\theta_1}{\mathfrak{T}\log e} = \ldots = 2\,\frac{\log\theta_i - \log\theta_{i-1}}{\mathfrak{T}\log e};$$

$$\alpha = 0,733\,[\log\theta_2 - \log\theta_1] = \ldots = 0,733\,[\log\theta_i - \log\theta_{i-1}].$$

Les calculs de réduction seront facilités par l'emploi de certaines tables que nous avons l'intention de publier.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Phase de la composante diurne du gradient de potentiel électrique terrestre*. Note de M. **R. Guizonnier**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai donné la variation annuelle moyenne de cette phase pour la station du Val-Joyeux de 1925 à 1931 (¹). La même méthode d'analyse a été utilisée, à partir des valeurs moyennes horaires mensuelles, pour poursuivre l'étude de cette phase sur toutes les données que j'ai pu me procurer. Les résultats ainsi obtenus permettent de classer les observatoires en trois groupes.

Groupe A. — *Le maximum de la composante diurne se produit à midi ou à quelques heures de midi* (heure locale).

A ce groupe, appartient Chesterfield (1933), le cap Horn (nov. 1882-avril 1883), le Val-Joyeux (1925 à 1931), Munich (1906), le Colorado (1930-1931), Stanford (1932), Tucson (1932), Apia (1906-1907 et 1927-1928-1929), Huancayo (1932).

Groupe B. — *Le maximum a lieu à minuit.*

C'est le cas de Batavia (1899-1900-1901), Johannesburg (1929-1930), Tokio (1902-1903), Watheroo (1932).

Groupe C. — *Pour une même station, le maximum tend à se produire vers midi* (*groupe* A), *ou vers minuit* (*groupe* B). En hiver, les stations du groupe C peuvent êtres rattachées au groupe A. En été, certaines d'entre elles doivent être rangées parmi les stations B : Pavlovsk (1925-1926), Watheroo (1932); pour les autres, l'heure de maximum de la composante diurne est voisine de midi ou de minuit, suivant les mois : Stanford (1929), Christchurch (1929), Helwan (1906-1907), Helsinfords (1895-1896). Pour l'observatoire de l'Ebre (1927-1928-1929 et 1910-1911-1912), le maximum, en été, d'après les valeurs moyennes, se produirait vers 20^h. Afin de contrôler ce résultat, qui ne correspond pas à l'ensemble des résultats obtenus pour les autres stations, l'analyse a été faite, jour par jour, pour ce même observatoire, sur les données des mois de juillet 1927-1928-1929. Elle a montré que l'heure du maximum de la composante diurne est, suivant les jours, voisine de midi ou de minuit; par suite, la phase, recherchée sur des valeurs moyennes, ne saurait donner

(¹) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1299.

l'allure réelle du phénomène étudié. Cette station doit donc être rattachée, en été, suivant les jours, soit au groupe A, soit au groupe B.

Conclusions. — C'est l'*heure locale* qu'il faut envisager quand on étudie la phase de la composante diurne du gradient de potentiel électrique terrestre.

On ne peut mettre en doute *l'influence du Soleil* sur la phase de cette composante, car l'analyse a montré que c'est : 1° vers son passage au méridien du lieu que se produit le maximum ou le minimum de la composante ; 2° en été que cette coïncidence est le mieux réalisée ; 3° pour les stations voisines de l'équateur que cette coïncidence se montre le plus rigoureusement tout le long de l'année.

On peut penser, comme le suggère Brown [1], à une influence de la « hauteur de l'ionosphère, produite par la radiation solaire ». Celle-ci, en effet, a été trouvée minima le jour (couche E), maxima la nuit (couche F), et il a été rencontré des jours anormaux, pour lesquels un minimum de hauteur se produit vers minuit, ce qui expliquerait les renversements de la phase de la composante diurne du gradient. Avant d'affirmer une telle correspondance, il faudrait savoir si l'anomalie des deux phénomènes se produit en même temps et si, pour les stations B, le minimum de la hauteur de la couche ionisée se produit la nuit dans le phénomène normal.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sucre, cendres, azote et phosphore dans les Betteraves fourragères et sucrières et dans leurs hybrides.* Note de MM. **Henri Colin** et **Eugène Bougy**, présentée par M. Marin Molliard.

L'histoire de la Betterave sucrière montre que le taux des cendres et de l'azote n'a fait que baisser dans la souche à mesure que sa teneur en sucre augmentait; la sélection saccharimétrique à éliminé automatiquement une bonne partie des matières minérales et azotées, on peut juger par là à quel point ces corrélations sont fondées en nature. Elles ressortent avec plus d'évidence encore de l'analyse comparative de nos variétés actuelles de fourragères et de sucrières. On a, par exemple, pour 100 de sucre :

	Poids moyen.	Cendres carbonatées.	Azote.
Fourragère (Jaune de Vauriac)...........	600^g	18,5	2,83
Sucrière (Vilmorin A)....................	480^g	3,5	1,07

(1) *Physical Review*, 47, 1935, p. 259.

En ce qui concerne le phosphore, l'un des fertilisants essentiels, les analyses d'Andrlik-Urban (1902-1907), comparées à celles de Wolff (1871), révèlent une augmentation de P^2O^5, de 10,9 à 13,9 pour 100, dans les cendres de la souche. Mais durant cette période la Betterave à sucre s'est déminéralisée dans une forte proportion, au détriment des sels solubles de potasse et de soude. De fait, E. Saillard (¹) résume ainsi, quant au phosphore dans la Betterave *entière*, ses analyses des trente dernières années :

Richesses saccharines..	9-10	15,5-17	17-18,5	18,5-20
P^2O^5 (°/₀ de sucre)....	1,20	0,98	0,63	0,80

Pour notre part, nous avons effectué de nombreux dosages de phosphore sur plusieurs variétés de Betteraves fourragères (Vauriac, Géante rose, Mangold) et sucrières (Vilmorin A, Kuhn) cultivées côte à côte en pleine campagne et en jardin. Le phosphore a été évalué par la méthode de Copaux sur un échantillon moyen de la souche décortiquée. Pour éviter les pertes par incinération, on a minéralisé la pulpe par le procédé sulfo-nitrique. Voici les chiffres obtenus :

	Fourragères.			Sucrières.	
	Vauriac.	Géante.	Mangold.	Vilmorin A.	Kuhn.
Campagne.					
Poids des racines........	1340g	3140g	2220g	715g	1200g
Matière sèche (°/₀).......	9,10	8,72	5,70	21,80	19,82
Sucre (°/₀ du sec)........	51,86	45,87	50,35	85,60	78,05
P^2O^5 (°/₀ du sec)........	0,65	0,63	0,94	0,30	0,38
P^2O^5 (°/₀ de sucre).......	1,25	1,37	1,86	0,34	0,48
Jardin.					
Poids des racines........	390g	–	330g	165g	290g
Matière sèche (°/₀).......	10,00	–	8,35	20,40	21,80
Sucre (°/₀ du sec)........	52,40	–	55,80	81,02	80,82
P^2O^5 (°/₀ du sec)........	0,89	–	0,81	0,44	0,29
P^2O^5 (°/₀ de sucre).......	1,69	–	1,45	0,54	0,36

Il n'est pas douteux qu'en dépit de fluctuations importantes les Betteraves sucrières ne renferment moins de phosphore, par rapport à la matière sèche. et *a fortiori* par rapport au sucre, que les Betteraves à fourrage. La même conclusion se dégage de l'analyse des hybrides F^2 entre fourragère (Vauriac) et sucrière (Vilmorin A.). Sur deux lots, à 8,9 et 14,0 de richesse moyenne,

(¹) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 504.

nous avons trouvé, respectivement, 0,63 et 0,46 de P^2O^5 pour 100 de pulpe sèche. Même parmi les Betteraves sucrières, les variétés *riches* (26-27 de matière sèche, 19-20 de sucre) ont moins de phosphore que les *productives* (23-25 de matière sèche, 16-18 de sucre) : 0,29 de P^2O^5 pour 100 de sucre, au lieu de 0,36 (¹).

Le phosphore insoluble à chaud dans l'acide acétique dilué n'est qu'une faible partie du phosphore total, un sixième environ pour les sucrières, moitié moins pour les fourragères, toujours plus riches que les précédentes en phosphates minéraux, cela fait, pour les deux sortes de Betteraves, un pourcentage de phosphore insoluble assez voisin, compris entre 0,05 et 0,07 de P^2O^5 pour 100 de matière sèche. Mais pour un même poids de matière organique, et à plus forte raison de sucre, le phosphore insoluble est plus abondant chez les Betteraves à fourrage.

Il en va de même pour l'azote, toutes proportions gardées, aussi, dans nos analyses, le phosphore et l'azote insolubles sont-ils dans un rapport constant, égal à 7/100, quelles que soient les variétés de Betteraves.

Plus de cendres, moins de sucre, plus d'azote, plus de phosphore, tels sont les principaux caractères physiologiques de la Betterave fourragère comparée à la sucrière; ils sont en corrélation avec l'insuffisance du bouquet foliaire, la taille de la racine, la masse d'eau qu'elle contient, sa vascularisation parcimonieuse et le développement exagéré du parenchyme.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la môle, maladie du champignon de couche. Essais de culture et d'infection.* Note de MM. **Jean Chaze** et **André Sarazin**, présentée par M. Julien Costantin.

Après avoir étudié et décrit les perturbations apportées par la môle à l'intérieur du champignon de couche (²), nous avons poursuivi nos travaux dans la voie expérimentale. Nous nous sommes proposé de rechercher d'une part si les milieux naturels où se produit la fructification du Psalliote étaient propres à la germination et au développement des parasites; nous avons, d'autre part, procédé à des essais expérimentaux d'infection de la maladie par injections, piqûres et incisions dans les différentes régions du Psalliote.

(¹) C. Smolenski et J. Zaleski, *Publ. Inst. Belge de la Betterave*, 2, nº 4, 1934, p. 10.

(²) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 343.

Ces essais ont été effectués au laboratoire et parallèlement à l'intérieur des champignonnières à Carrières-sur-Seine.

L'examen micrographique des fumiers n'a pas permis de déceler les spores de la Môle. La terre de gobetage (calcaire broyé) ne présente des spores en quantité notable qu'après un séjour dans la cave où est apparue la maladie. Mais de tels résultats sont notoirement insuffisants, car ils ne portent que sur des quantités infimes des milieux. Nous avons ensuite ensemencé séparément sur des blocs de fumier les spores de môle (*Mycogone* et *Verticillium*). Les résultats ont été négatifs pour les deux formes fongiques; tout aussi bien sur des fumiers avant leur entrée dans la champignonnière, que sur ceux ayant séjourné dans la carrière où ils ont été épuisés progressivement par la culture du Psalliote. Ces essais portent donc sur 5 mois environ que dure la préparation des meules et la cueillette des champignons. Pendant cette période le fumier a subi non seulement une diminution dans sa valeur nutritive, mais aussi une variation dans son pH qui passe de 7,6 à 6,4. Il y a lieu de noter que les mêmes fumiers traités à l'autoclave se prêtent bien à la culture des deux parasites, en particulier du genre *Mycogone*. Les terres de gobetage qui servent de revêtement au fumier ne permettent pas la germination de la môle, même après stérilisation. L'ensemble de cette expérimentation a été repris dans les champignonnières et a donné, en général, des résultats identiques. Nous noterons néammoins, que les spores de *Mycogone* sont tuées après un passage de deux jours dans la masse du fumier en fermentation (température oscillant autour de 70°), alors qu'elles résistent à l'étuve à 70° pendant 8 jours et à 95° pendant 4 heures.

Des blocs de fumier stérilisés où étaient développés des filaments et des spores de môle ont été enfouis dans les parties superficielles et profondes de la meule en pleine production, au bout d'un mois, la môle ne s'est pas accrue, et les blocs de fumier stérilisé contenant les parasites ont été envahis par les hyphes du champignon de couche.

Nous avons procédé ensuite à des infections de la maladie (pied, chapeau, lamelles hyméniales), soit sous forme d'injections liquides d'une suspension des spores, soit à des incisions ou piqûres où étaient introduites à sec des quantités notables de spores de môle provenant de cultures pures ou de champignons malades broyés au mortier. Les résultats ont été les suivants : les spores de *Verticillium* se développent assez bien en surface, en particulier au niveau des lamelles hyméniales en un duvet blanchâtre, mais les filaments végétatifs n'émettent pas de prolongements dans le

faux-tissu. Les spores de *Mycogone* présentent une activité encore moins grande : dans quelques rares cas les chlamydospores ont germé et seulement sur des cellules fortement lésées, elles n'ont pas envahi le périthèce et jamais nous ne sommes parvenus à provoquer un envahissement caractérisant, même faiblement, la maladie telle que nous l'avons fait connaître. Cette défense naturelle du champignon de couche à l'invasion de la maladie est d'autant plus prononcée que le Psalliote a une vitalité plus grande (différence très marquée entre les essais de laboratoire et ceux effectués dans les champignonnières).

Des faits exposés ci-dessus, il résulte que la môle ne peut être contractée par l'appareil fructifère du Psalliote. La môle ne peut donc commencer que par la base (région des cordons mycéliens) ainsi que l'avait décélé l'examen micrographique du *blanc* des champignons malades où nous avions vu des spores en germination. Cependant le petit nombre de champignons atteints à côté de l'énorme quantité de spores produites par un seul sujet attaqué; l'existence de champignons sains au milieu d'autres en putréfaction, laissent à supposer que l'infection ne peut se faire que dans certaines conditions physiques, qui affaiblissent le blanc telles qu'une humidité excessive, le manque d'air ou une poussée de fermentation du fumier, causes qui, d'après les observations des champignonnistes, amènent une recrudescence de la maladie. Ces assertions ont été vérifiées expérimentalement de la manière la plus précise; nous citerons seulement l'expérience que nous considérons comme la plus importante et qui montre d'une façon irréfutable que seuls les cordons mycéliens sont le siège du début de la maladie. En effet, si l'on broye des filaments mycéliens (blanc) avec de la terre de gobetage et que l'on y ensemence des spores de môle, celles-ci germent normalement aux dépens des filaments tués; les résultats identiques sont obtenus en tuant le blanc par l'alcool.

Dans les champignonnières, seules les spores se trouvant sur la terre de gobetage germeraient sur des détritus organiques décomposés par les bactéries, ou sur des filaments dégénérés ou morts; la maladie gagnerait de proche en proche les cordons mycéliens et se propagerait ensuite dans l'appareil fructifère. Les filaments très sains étant impropres à la germination des spores parasites, c'est d'ailleurs ce que démontrera un prochain travail.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le calcium et la mue des Crustacés brachyoures.* Note de M[me] **Andrée Drilhon**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Au cours d'un travail d'ensemble sur la biochimie des Crustacés, nous avons montré les variations de divers constituants chimiques liées au déséquilibre qui se produit dans le sang de certains Crustacés au moment de la mue.

Dans la continuation de nos recherches analytiques, le calcium occupait un des premiers plans en raison du rôle joué par ce cathion dans la formation de la carapace calcaire. La bibliographie déjà vaste sur ce sujet étant souvent contradictoire, nous avons repris tous les dosages en utilisant la

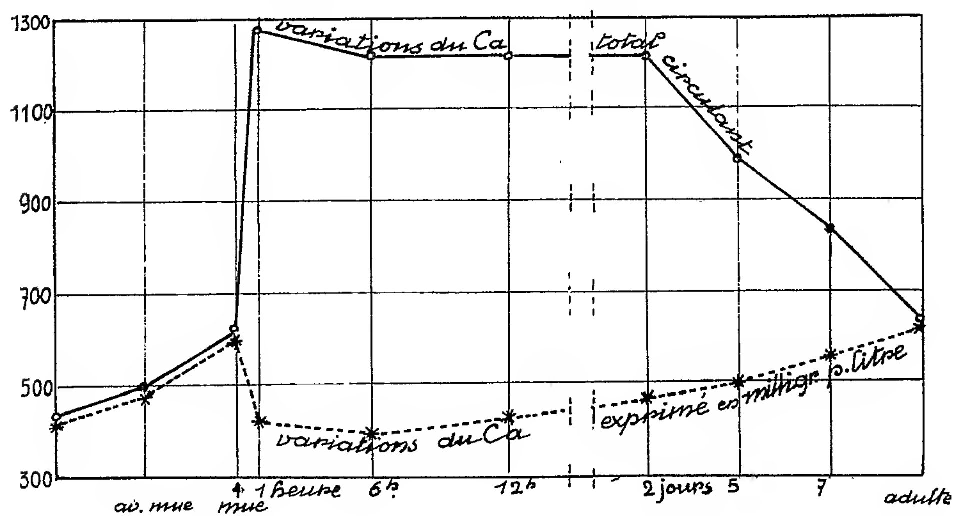


Fig. 1.

technique de Velluz et Deschazeaux (après minéralisation de l'hémolymphe par la méthode nitro-perchlorique).

Nous avons donc suivi les variations de ce cathion sur le crustacé brachyoure *Maia squinado* aux diverses époques de son développement et, en particulier, à tous les stades qui précèdent ou suivent le phénomène de la mue. Nous avons établi avec nos résultats la courbe ci-dessus, représentée en pointillé (*fig.* 1).

Nous avons simultanément suivi les variations de volume de liquide cavitaire, par rapport au poids total de l'animal, rapport qui augmente

dans une proportion considérable à l'époque de la mue, et que figure le tracé ci-dessous (*fig.* 2).

Si donc on rapporte les variations de calcium non plus à 1000^{cm^3} de liquide cavitaire, mais au volume total de liquide circulant, on obtient une nouvelle courbe qui nous permet d'établir les conclusions suivantes :

1° La quantité de calcium dissous dans l'hémolymphe des Crustacés brachyoures oscille entre des limites assez étroites tout en présentant, néanmoins une nette augmentation de la concentration moyenne à la période qui précède la mue;

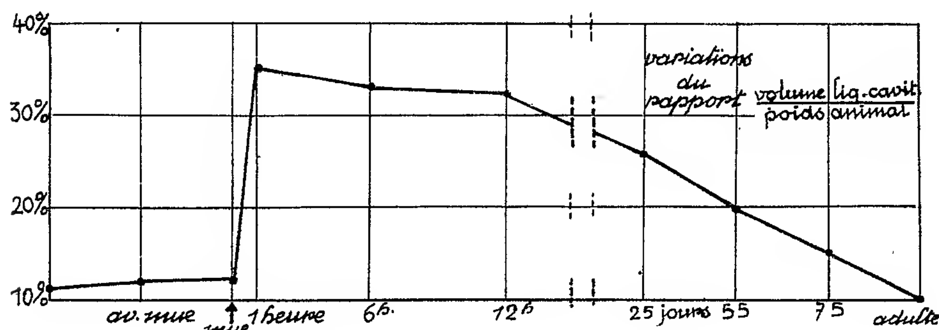


Fig. 2.

2° L'augmentation considérable subie par le volume de la masse sanguine à cette époque *critique* de la vie de l'animal aboutit à introduire dans la masse du liquide circulant une quantité de calcium triple de celle couramment transportée;

3° Cette quantité anormale de calcium sanguin va se résorber progressivement au fur et à mesure de la constitution de la carapace calcaire qui s'édifie à l'extérieur.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Comportement de Poissons physostomes ayant subi l'extirpation de la vessie natatoire.* Note de M. **Joseph Meierhans**, présentée par M. Maurice Caullery.

Soumis à une diminution graduelle de la pression s'exerçant à la surface du bocal qui le renferme, un Poisson physostome rejette par la bouche de grosses bulles de gaz provenant de la vessie natatoire par le moyen du canal pneumatique. J'ai, en effet, montré que la ligature du canal supprime complètement cette émission gazeuse. Le rejet de bulles de gaz par la bouche

se fait régulièrement à la cadence d'une bulle environ par demi-centimètre de dépression. Lorsque la diminution de pression a atteint environ 40^{cm} à 45^{cm} Hg, commence un autre phénomène qui se superpose au précédent : l'extraction des gaz de l'eau. La paroi interne du récipient, le corps du Poisson, le grillage métallique qui sépare ce dernier de la surface se couvrent de fines bulles d'air qui se dégagent, principalement lorsque l'animal s'agite vigoureusement et les détache de leurs supports.

Après retour à la pression normale, le Poisson, dont la vessie est en grande partie vidée, tombe alourdi sur le fond. Remis dans son aquarium, il garde cette attitude pendant plusieurs jours : souvent il s'élance vers la surface par de vigoureux coups de nageoires, mais retombe aussitôt. Il est incapable de nager avec aisance entre deux eaux, comme il le faisait précédemment.

Pour montrer que les gaz dégagés par le Poisson ne proviennent « pas exclusivement ni principalement de la vessie natatoire », Rabaud et Verrier ([1]) ont extirpé la vessie aérienne à des Poissons physostomes tels que la Tanche. Pour une pression qui n'est pas indiquée, mais comprise entre 776 et 260^{mm}, l'animal « expulse par la bouche de nombreuses bulles de gaz. Quelques-unes s'échappent également par les opercules. Le corps et les nageoires se couvrent de bulles très fines... ». L'animal est, comme un poisson normal, attiré vers la surface, subit des ascensions et des chutes passives. Après retour de la pression normale, le Poisson tombe sur le fond, immobile. En somme, Poissons avec ou sans leur vessie natatoire se comporteraient à peu près de la même manière.

J'ai repris cette expérience en extirpant la vessie aérienne de 6 Vengerons (*Leuciscus rutilus*) et 9 *Carassius auratus* que j'ai soumis, après guérison, à la décompression.

1° *Expériences sur L. rutilus.* — Les animaux se tiennent sur le fond du récipient. Lorsque la dépression atteint environ 10^{cm}, ils sont entraînés passivement vers la surface. Pour une dépression de 33 à 44^{cm} suivant les individus, ils restent même collés contre le grillage qui les sépare de la surface. Pendant toute cette période, je ne les ai pas vu émettre une seule bulle de gaz par la bouche. La diminution de pression s'accentuant, ils se couvrent, ainsi que les objets inertes, de fines bulles de gaz. Frappé par le fait que ces Poissons, bien que privés de vessie, se comportaient comme s'ils avaient eu une vessie à canal ligaturé, je les ai autopsiés sous l'eau :

([1]) *Bull. biol. France et Belgique*, 68, 1934, p. 188-231 et 69, 1935, p. 87-136.

j'ai constaté que tous renfermaient dans la cavité péritonéale quelques centimètres cubes de gaz provenant très probablement de la vessie déchirée au cours de l'extraction. Ce gaz jouait le rôle d'une pseudo-vessie natatoire sans communication avec l'extérieur.

2° *Expériences avec C. auratus.* — Pour éliminer cette cause d'erreur, j'ai d'abord vidé presque entièrement la vessie par décompression avant d'opérer les animaux. On peut alors extraire la vessie dégonflée sans la déchirer. Soumis à une lente décompression, les Poissons ainsi traités sont *restés constamment au fond du récipient sans dégager aucune bulle de gaz* jusqu'à ce que la dépression ait atteint 40^{cm} Hg. Si la décompression est poussée plus loin, on voit se produire le phénomène de dégagement de fines bulles d'air au niveau de toutes les surfaces. Après retour de la pression normale, le Poisson se tient au fond, couché sur le flanc.

Pour donner plus de précision à cette expérience, j'ai mesuré au moyen d'un appareil spécial, la quantité de gaz dégagée. Un premier essai sans Poisson permet d'extraire en partie les gaz de l'eau, en abaissant la pression de 65^{cm}. On recueille ainsi environ $0^{cm^3},5$ de gaz. Les Poissons sont ensuite soumis à la décompression en deux temps : d'abord jusqu'à 40^{cm}, pour avoir le gaz de la vessie sortant par la bouche; puis, après retour à la pression normale et lecture, jusqu'à 60^{cm} pour avoir l'ensemble du gaz qui continue à s'échapper de la vessie et de l'air provenant de l'eau. L'expérience a été faite sur 6 *C. auratus*, dont 3 avec et 3 sans vessie :

	Poissons normaux				Poissons sans vessie			
Décompression.	1.	2.	3.	Moy.	1.	2.	3	Moy.
0 à 40^{cm}...........	0,37	0,35	0,20	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
0 à 60^{cm}...........	1,53	1,20	1,70	1,47	0,90	0,30	0,80	0,66
Gaz total......	1,90	1,55	1,90	1,77	0,90	0,30	0,80	0,66

Les quantités dégagées dans la première partie sont nulles pour les Poissons sans vessie natatoire. La moyenne 0,30 représente ce qui s'échappe de la vessie des petits *C. auratus* normaux, pendant cette décompression A partir d'une dépression de 40^{cm}, le gaz qui se dégage représente le gaz de la vessie plus l'air dissous dans l'eau. Pour les Poissons sans vessie, cet air correspond en moyenne à 0,66; pour les Poissons avec vessie, le dégagement gazeux est, pendant ce temps, de 1,47 en moyenne; la différence 0,81 représente l'apport de la vessie pendant la deuxième partie de la décompression.

Conclusions. — Les Poissons sans vessie ne dégagent aucune bulle de gaz

par la bouche tant que la décompression ne dépasse pas 40^{cm} Hg. Leur comportement est absolument différent de celui des Poissons normaux. Il est essentiel de ne pas confondre gaz de la vessie émis par le canal pneumatique et bulles d'air provenant de l'extraction des gaz de l'eau par un vide plus poussé.

HISTOPATHOLOGIE. — *Rage, maladie de Borna et neurones périphériques.* Note de M. **Yervante Manouélian**, présentée par M. Félix Mesnil.

Au double point de vue clinique et histopathologique, la rage et la maladie de Borna présentent de grandes analogies. A l'encontre des bactéries, les virus de ces maladies résistent à la glycérine et s'y conservent longtemps. Fait intéressant aussi : dans les deux maladies, les neurones contiennent des inclusions : corpuscules de Negri, formations de Manouélian et Viala dans la rage; corpuscules de Joest et Degen dans la maladie de Borna. Mais alors que ceux-là se trouvent dans le cytoplasme et les dendrites des cellules nerveuses, les corps de Joest et Degen sont toujours inclus dans le noyau des neurones. Ces inclusions sont les témoins de l'infection, la signature du virus; leur présence, leur localisation respective caractérisent la maladie.

Pour la rage, rappelons que les inclusions existent dans tout le système nerveux central; elles manquent cependant dans le tissu propre de certains organes virulents, glandes salivaires, capsules surrénales entr'autres. Or nous avons montré que si les cellules propres, les cellules parenchymateuses de ces glandes sont dépourvues d'inclusions, les cellules nerveuses intra- et périglandulaires en contiennent autant que les neurones centraux; la virulence de ces organes est due aux neurones glandulaires virulents. De même les neurones parasités de la langue, neurones parfois situés juste au-dessous de l'épithélium de la muqueuse, sont pour nous une des sources de l'infection de la salive; une solution de continuité tant soit peu importante, une éraillure, un frottement même léger, les neurones virulents sont mis à nu et le virus, versé dans la cavité buccale, infecte la salive.

Dans la maladie de Borna, les corps de Joest et Degen existent dans tout le système nerveux central. Ils manquent cependant dans le tissu propre de nombreux organes et glandes, pourtant virulents. Or l'étude histologique de ceux-ci montre que si les cellules parenchymateuses ne contiennent

pas les corps de Joest et Degen, par contre, les neurones contenus dans ces organes en sont pourvus (Nicolau, Galloway et leurs collaborateurs).

Grâce à l'obligeance du professeur Zwick et du professeur Meissner qui ont bien voulu nous envoyer leurs virus, nous avons pu réaliser la maladie expérimentale chez le lapin. Les deux virus se comportent d'une façon à peu près analogue. En nous servant de la même technique que pour l'étude de la rage, nous avons décelé les corps intranucléaires de Joest-Degen dans les neurones du système nerveux central. Nous les avons décelés aussi dans les neurones des glandes salivaires, du pancréas, des capsules surrénales, etc. Pour nous l'infectiosité de ces organes est due aux cellules nerveuses virulentes incluses.

L'étude de la langue aussi nous a donné des résultats intéressants. Les cellules nerveuses intraglandulaires, intramusculaires, ainsi que les neurones de la muqueuse, contiennent les corps de Joest-Degen.

Dans nos travaux antérieurs sur la rage, nous avons développé des considérations sur la possibilité de la contamination de la salive au moment de la sécrétion. Des considérations analogues peuvent s'appliquer à la maladie de Borna. La présence de nombreux neurones parasités au niveau des acini et des canaux excréteurs justifie cette opinion. Et nous pensons que dans cette maladie, l'infection de la salive dans la cavité buccale se réalise aussi par les neurones parasités de la muqueuse de la langue et par le même processus que dans la rage.

MICROBIOLOGIE. — *Action des rayons X mous sur les microbes*. Note de MM. **Baruch Samuel Levin** et **Iwo Lominski**, présentée par M. Charles Achard.

La présente étude a porté sur 20 souches de microbes appartenant à diverses espèces microbiennes notamment Bacilles sporulés, Bacilles acido-résistants, Bacilles Gram-positifs non sporulés, Coques Gram-positifs et Gram-négatifs et Bacilles Gram-négatifs.

L'appareil radiogène construit spécialement pour les recherches biologiques, émettait des rayons X mous à travers une fenêtre d'aluminium de 15^{μ} d'épaisseur. La distance anticathode (en chrome) préparation irradiée était de 30^{mm} seulement. Une circulation d'eau dans le tube même, assurait une température constante d'environ 15°. Avec une tension de 20 kilovolts et une intensité de 20 milliampères l'appareil émettait au niveau

de la fenêtre ±1500 unités rœntgeniennes internationales par seconde. MM. Dognon et Rogozinski ont bien voulu se charger de ces mesures.

Les bactéries placées en goutte pendante dans une cellule en paraffine de 3mm de diamètre recevaient le rayonnement direct. L'irradiation se faisait à la température du laboratoire. Les microbes servant aux expériences provenaient de cultures sur bouillon et gélose âgées de 18 heures à 8 jours. La durée de l'irradiation variait de 1 seconde à 10 minutes. Les bactéries irradiées étaient ensuite ensemencées sur bouillon et gélose. Toutes les manipulations étaient effectuées dans les conditions de stérilité bactériologique.

L'effet bactéricide des rayons était jugé d'après l'absence du développement de la goutte irradiée et ensemencée. La résistance des microbes déterminée de cette façon correspondait donc à la résistance maxima. Dans ces conditions les faits suivants ont été constatés :

1° La dose bactéricide était comprise, suivant l'espèce, entre 30 secondes et 4 minutes d'exposition. Il est difficile d'établir une délimitation exacte basée sur la résistance des microbes aux rayons X. Les propriétés individuelles des souches appartenant au même type microbien et le milieu de culture y jouent un rôle important. Il ressort toutefois de ces expériences que les Bacilles acidorésistants et les Bacilles sporulés étaient les moins sensibles. Les microbes Gram-positifs aussi bien Coques que Bacilles occupaient une place intermédiaire. Enfin les microbes Gram-négatifs montraient la plus grande sensibilité. Ce dernier groupe est moins uniforme dans son comportement que les deux autres groupes.

2° Les microbes qui avaient reçu une dose mortelle subissaient d'importantes altérations morphologiques : désagrégation partielle, agglutination, perte de mobilité en cas de microbes mobiles. Il est à noter que ces phénomènes se présentaient seulement quelques minutes après la fin de l'irradiation.

3° Les doses submortelles déterminaient une phase de latence très marquée par comparaison avec les témoins; cette phase, pendant laquelle aucun développement perceptible ne pouvait être décélé, pouvait atteindre parfois 5 jours. La phase de latence était souvent suivie d'un brusque développement, et elle était d'autant plus longue que la dose submortelle s'approchait de la dose bactéricide.

4° Les microbes irradiés avec des doses submortelles présentaient certaines particularités du développement portant sur le caractère des colonies. En particulier, on observait l'apparition de colonies du type R en

cultures appartenant au type S et vice versa. Parfois on voyait des anomalies de la chromogenèse. Ces caractères toutefois n'étaient pas stables et le retour au type initial de croissance s'effectuait assez vite souvent dans la même colonie.

5° L'âge de la culture irradiée, dans les limites de 18 heures à 10 jours, de même que le nombre de germes contenu dans la goutte irradiée dans les limites de 1/1 à 1/10 ne semblent aucunement influencer les résultats.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Iridocyclite expérimentale provoquée par virus typhique*. Note (¹) de MM. **Georges Blanc** et **L.-A. Martin**, présentée par M. Félix Mesnil.

M. Nagayo et ses collaborateurs (²), puis L. Monteiro (³), E. Brumpt (⁴), P. Lépine (⁵), ont montré que le lapin, inoculé dans la chambre antérieure de l'œil avec un virus typhique (typhus exanthématique, fièvre pourprée, fièvre boutonneuse, typhus murin), fait une iridocyclite spécifique.

Nous avons obtenu les mêmes résultats, sur le même animal, avec les virus du typhus murin de Casablanca et de Mexico; nous les avons obtenus également sur d'autres animaux domestiques ou de laboratoire, soit avec notre souche marocaine de typhus murin (T. M. C. III), soit avec une souche de typhus exanthématique (virus Nicolle). Nous ne donnerons pas ici le détail de ces expériences. Quelle que soit l'espèce animale sur laquelle nous avons expérimenté, le tableau clinique et anatomopathologique de l'affection oculaire est le même. Les lésions sont celles de l'iridocyclite : envahissement de la chambre antérieure par les leucocytes, avec prédominance de polynucléaires, 83 pour 17 mononucléaires. Un certain nombre de ces leucocytes sont chargés de pigment irien.

Cet envahissement aboutit à un hypopion plus ou moins intense, en même temps qu'à l'inflammation de la membrane de Descemet. La cornée devient opaque, non pas par kératite (sauf s'il y a des lésions traumatiques ou d'infection secondaire), mais par descemétite. Il peut y avoir iritis simple, mais il n'est pas rare d'observer des complications : adhérences,

(¹) Séance du 25 février 1935.
(²) *Japan. Journ. Exp. Med.*, 9, 1931, p. 93.
(³) *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 1161.
(⁴) *C. R. Soc. Biol.*, 110, 1932, p. 1202.
(⁵) *Ann. Institut Pasteur*, 51, 1933, p. 290.

synéchies antérieures et postérieures, adhérences circulaires (soudure de Knies) pouvant aboutir à la formation de glaucome. La guérison est la règle. Le liquide de la chambre antérieure reste stérile.

Nous avons reproduit cette iridocyclite sur le lapin, le chien, le mouton, la génisse, le porc, l'âne et le singe (*Macaca sylvanus*).

Un premier fait, à retenir de ces expériences, c'est que l'intensité de la réaction oculaire n'est pas proportionnelle à la sensibilité que présente l'animal vis-à-vis de l'infection générale. Un mouton ou une génisse feront une iridocyclite aussi intense qu'un lapin ou qu'un singe. La constatation de ce fait nous a conduits à étudier les réactions d'immunité de ces iridocyclites typhiques.

1° L'IRIDOCYCLITE EXPÉRIMENTALE D'UN ŒIL NE CONFÈRE AUCUNE IMMUNITÉ A L'AUTRE ŒIL. — *Lapins.* — Deux lapins inoculés, l'un avec du Typhus murin de Casablanca, l'autre avec du Typhus murin de Mexico, tous les deux à l'œil gauche, font une très forte iridocyclite.

Ils sont réinoculés à l'autre œil, l'œil droit, l'un 2 mois plus tard, l'autre après 40 jours. Chez tous deux, se développe une iridocyclite.

Ane. — Un âne, inoculé à l'œil gauche, avec du Typhus murin, fait une iridocyclite intense; le liquide de la chambre antérieure se montre virulent pour le cobaye.

L'âne est réinoculé, 1 mois plus tard, dans la chambre antérieure de l'autre œil, œil droit. Une iridocyclite se développe.

2° UNE PREMIÈRE ATTEINTE NE DONNE PAS A L'ŒIL L'IMMUNITÉ CONTRE UNE RÉINOCULATION. — *Lapins.* — Trois lapins sont inoculés à l'œil gauche, dans la chambre antérieure, avec du virus de Typhus murin. Tous trois font une iridocyclite spécifique.

Réinoculés au même œil, après guérison complète, 3 mois après, ils refont, tous trois, une forte réaction oculaire identique à la précédente.

3° L'INFECTION GÉNÉRALE NE DONNE PAS L'IMMUNITÉ OCULAIRE. — *Lapin.* — Un lapin est inoculé dans le péritoine (virus T. M. C. III [1]). Un mois et demi plus tard, il est inoculé à l'œil gauche (virus T. M. C. III). Il fait une forte réaction.

Ane. — Un âne, inoculé à l'œil gauche (virus T. M. C. III) le 6 décembre, fait une iridocyclite spécifique; il reçoit, de plus, trois injections du même virus, par voie intraveineuse, suivant la méthode de Castaneda — chaque injection représente le virus fourni par un rat.

---

[1] C'est-à-dire Typhus murin de Casablanca, souche n° 3.

Le 21 décembre, la réaction de Weil-Felix est positive à 1 pour 700.

L'animal reçoit encore trois inoculations de virus par voie intraveineuse, les 2, 8 et 14 janvier. Le 18 janvier, il est inoculé, toujours avec le même virus (T. M. C. III), dans la chambre antérieure de l'œil droit. Il fait une iridocyclite spécifique.

Singe (*Macaca sylvanus*). — Un magot est inoculé dans le péritoine avec une forte dose de Typhus murin. Il fait une maladie longue et grave, marquée par une belle réaction thermique, amaigrissement et asthénie prononcée.

Un mois plus tard, complètement guéri, il est réinoculé dans le péritoine avec du virus de Typhus murin. Il ne réagit pas, il a acquis l'immunité.

Cependant, inoculé à l'œil gauche en même temps que dans le péritoine, aprés une incubation de quelques jours, il présente une iridocyclite avec descemétite et infiltration de l'humeur aqueuse.

De ces expériences, il ressort que divers animaux de laboratoire ou animaux domestiques réagissent à l'inoculation de virus typhique dans la chambre antérieure par une iridocyclite du même type que celles que l'on provoque chez le lapin ou le cobaye. L'intensité de cette iridocyclite est aussi grande chez les animaux réfractaires ou peu sensibles à l'infection typhique que chez les animaux qui réagissent par une infection générale. Cette sensibilité de l'iris, non influencée par l'immunité naturelle des animaux d'expérience, ne l'est pas davantage par l'immunité provoquée. Une première atteinte d'iridocyclite ne confère pas à l'œil une immunité marquée.

En conclusion, l'iris nous apparaît, vis-à-vis de l'infection typhique, comme indifférent à l'immunité naturelle ou acquise de l'organisme dans lequel il est inclus et où il se comporte comme un organisme indépendant.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 2 janvier 1935.)

Note de M. *Jules Drach*, Sur l'Intégration logique des équations de la Dynamique à deux variables :

Page 25, ligne 4, l'exposant de $xy' - y$ est 3 et non 2.

(Séance du 11 février 1935.)

Note de MM. *Albert Michel-Lévy* et *Henri Muraour*, Sur une source de lumière d'intensité exceptionnelle et de très faible durée :

Page 544, ligne 26, *au lieu de*

$$N = I \times t^p,$$

lire

N égaux pour $I \times t^p$ égaux.

(Séance du 18 février 1935.)

Note de M. *Jules Drach*, Sur l'Intégration logique et sur la transformation des équations de la Dynamique à deux variables :

Page 601, ligne 3, *au lieu de* dt_1^2, *lire* ds_1^2; ligne 9, *au lieu de* $\Phi^2 + \Psi^2$, *lire* $\Phi^2 - \Psi^2$.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 MARS 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Jean Perrin** annonce à l'Académie que des pourparlers ont lieu au sujet de l'édification, pour l'Exposition de 1937, d'un *Palais de la Découverte*, qui subsisterait à titre permanent après l'Exposition.

Le rôle de ce Palais serait de rappeler et de démontrer que toutes les techniques auxquelles l'Exposition est consacrée ont leur origine dans la Recherche et la Découverte scientifique.

Autant que possible, les expériences fondamentales seraient journellement répétées dans ce Palais, jusqu'aux plus récentes. Ce serait une démonstration vivante et non pas un Musée, et cela aurait sans doute pour résultat d'initier le public éclairé à l'importance de la Recherche.

Les organisateurs solliciteront, aussitôt qu'il sera utile, les conseils et la collaboration de l'Académie et du Conseil supérieur de la Recherche.

GÉOLOGIE. — *La structure conglomérée en milieu lacustre dans la série sédimentaire ancienne de France.* Note de M. **Lucien Cayeux**.

Telle qu'elle est connue actuellement, la structure conglomérée des calcaires lacustres de France paraît se réclamer de deux processus de formation.

1° Les calcaires aquitaniens de Beauce fournissent de remarquables exemples de structure bréchoïde, signalés depuis longtemps par M. H. Douvillé et G. Dollfus. En particulier, le gisement de la Chapelle Saint-Mesmin, près d'Orléans, qui compte parmi les plus instructifs, renferme

des brèches à facies de brèches polygéniques, comportant des termes de transition au poudingue. La notion de remaniement des matériaux se déduit de leur variété dans l'étendue d'une seule préparation, de leur constitution minérale et organique, comparée à celle du ciment, et du fait que tous font l'effet de corps étrangers dans le milieu. Un type donné est complètement privé de quartz dans tous ses représentants, alors que la gangue en contient; un autre ne renferme pas un seul débris organique, en dépit de la présence dans le ciment de carapaces d'Ostracodes, de coquilles de Planorbes, etc. Sous ce double rapport, l'indépendance est complète. Elle se manifeste encore par l'existence de quelques débris, incrustés, sur tout ou partie de leur périphérie, de calcaire très fin, différent de celui de la gangue et des éléments remis en mouvement. Ces quelques débris nous enseignent qu'avant d'occuper leur place actuelle, ils ont été remaniés dans le lac de Beauce, entraînant avec eux des témoins de la gangue qui les cimentait. C'est la première fois qu'un phénomène de cet ordre est observé dans les calcaires lacustres.

Qu'ils soient anguleux ou globuleux, tous ces matériaux remaniés sont empruntés au calcaire lacustre de Beauce lui-même à l'exclusion de toute autre formation. La variété des produits rassemblés dans un échantillon plaide en faveur de leur remise en mouvement, consécutive de l'émersion d'une partie de la formation, lorsque la structure conglomérée a pris naissance.

2° Les phénomènes de remaniement sous-marin, qui revêtent une fréquence de plus en plus grande dans l'histoire des sédiments anciens, ont pour pendant, semble-t-il, des phénomènes de remaniement sous-lacustre. Les calcaires lacustres, d'âge aquitanien, passant au calcaire gris de l'Agenais, dans le département du Gers, fournissent à cet égard un exemple de grand intérêt.

L'échantillon le plus typique se réclame d'une structure conglomérée généralisée. Il est pétri d'éléments calcaires, à facies de galets, de forme arrondie très nette et de taille variable, qu'il ne peut être question d'assimiler à des lake-balls. Plusieurs d'entre eux sont composés, c'est-à-dire qu'un gros élément en renferme un petit. La constitution de rares éléments implique une série de remaniements, en ce sens qu'un petit galet est inclus dans un moyen, qui lui-même est englobé dans un gros.

En beaucoup de points les matériaux calcaires remaniés sont maintenus en place uniquement par leurs adhérences, lesquelles assurent une grande cohérence à la roche malgré l'absence de ciment. Moins fréquemment, ils

sont plongés dans une gangue calcaire qui leur est identique, sauf à dire que la teinte des éléments remis en mouvement est quelque peu différente de celle du ciment, les galets ayant été imprégnés d'une très petite quantité de fer au cours de leur remaniement.

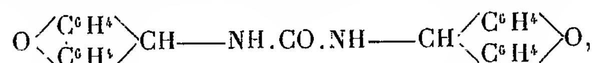
Le dépôt en question réalise un très beau type de formation conglomérée, jusqu'ici inconnu en milieu lacustre, dont les éléments remaniés et la gangue procèdent de la même vase. Le phénomène, auquel il doit sa naissance, est assez complexe pour que son histoire comporte, par exception il est vrai, de multiples remaniements. Dans toutes ses manières d'être, ce conglomérat emprunte la totalité de ses matériaux au calcaire dont il fait partie intégrante. Force est donc de conclure que la remise en mouvement s'est opérée dans des conditions très aberrantes, excluant toute possibilité d'introduction de débris fournis par la terre ferme. D'autre part, l'hypothèse d'une émersion dans la direction du large, permettant de rendre compte de l'élaboration des matériaux remaniés, sans recourir à l'érosion sous-lacustre n'est justifiée par aucune donnée. Tout bien pesé, on ne voit pas comment expliquer la formation de ces calcaires lacustres conglomérés, sans admettre que le remaniement s'est effectué sous l'eau, aux dépens d'une vase qui vient de se déposer ou en cours de dépôt. Un pareil phénomène ne peut se concevoir que dans un grand bassin laguno-lacustre, tel que le Bassin de l'Aquitaine, dont les perturbations sont solidaires de celles de la mer.

Dans quelle mesure y a-t-il consolidation sous-lacustre, comparable à celle qui peut se produire sous la mer, il est malaisé de le dire. A coup sûr, un certain durcissement est de rigueur pour qu'une vase calcaire, et non argileuse, puisse être convertie en petits galets, sans dissociation de ses éléments. Dans le cas du calcaire passant au calcaire de l'Agenais, il est permis de conclure que les matériaux du conglomérat avaient déjà acquis une certaine cohérence, tout en gardant une plasticité suffisante pour qu'ils puissent se souder sans intervention de ciment.

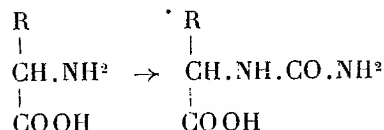
On voit par ces brèves observations, et contre toute attente, que la sédimentation lacustre, quoique très limitée dans son milieu et dans la matière des dépôts qu'elle engendre, peut reproduire certaines conditions très particulières qui ont prévalu, par moments, sur les fonds sous-marins. Il n'est pas exagéré de dire des faits exposés qu'ils ouvrent un nouvel horizon dans l'histoire de la sédimentation lacustre ancienne.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches pour identifier, par l'analyse élémentaire, de faibles quantités d'acides amines.* Note de MM. **Richard Fosse, Paul De Graeve** et **Paul-Émile Thomas.**

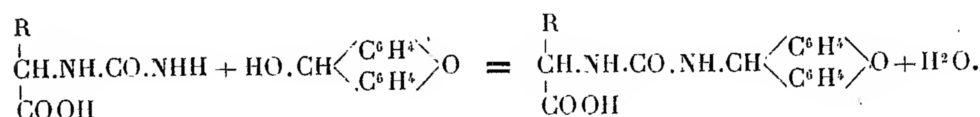
L'extrême sensibilité avec laquelle le xanthydrol permet d'isoler, d'identifier et de doser des traces d'urée, grâce à sa combinaison dixanthylée ([1])



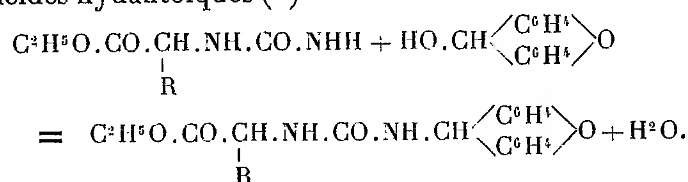
nous a suggéré l'idée de transformer les acides aminés en urées correspondantes



afin de chercher à condenser avec cet alcool les acides hydantoïques ainsi obtenus



Déjà, l'un de nous a pu établir, en collaboration avec Ph. Hagene et Dubois, que le xanthydrol se combine avec les éthers éthyliques de plusieurs acides hydantoïques ([2])



Après avoir constaté que l'acide hydantoïque libre se laisse xanthyler, nous avons trouvé des conditions expérimentales qui permettent d'identifier par l'analyse élémentaire d'assez faibles quantités de glycocolle : 15^{mg}

([1]) R. Fosse, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 813; 157, 1913, p. 948; 158, 1914, p. 1076, 1432, 1588; 159, 1914, p. 253; *L'urée*, Paris, 1927, p. 1-46.

([2]) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 331.

par exemple. Mais moins d'*un milligramme* de cet acide aminé nous suffit pour obtenir, en fines aiguilles groupées caractéristiques, le sel d'argent de son acide hydantoïque xanthylé.

De faibles quantités d'alanine, de leucine, de phénylalanine, d'asparagine et de valine peuvent être identifiées par l'analyse élémentaire, comme le glycocolle.

GLYCOCOLLE. — 1. ACTION DU XANTHYDROL SUR L'ACIDE HYDANTOÏQUE. ACIDE XANTHYLHYDANTOÏQUE.



Préparation. — A la solution d'acide hydantoïque (1^{g},2) dans l'eau (40$^{cm^3}$) et l'acide acétique (40$^{cm^3}$), ajouter le double à son poids de xanthydrol (2^{g},4) dissous à froid dans l'acide acétique cristallisable (40$^{cm^3}$). Essorer la bouillie cristalline formée, laver à l'eau acétique, à l'eau, sécher à 40° et faire cristalliser dans l'alcool méthylique bouillant.

Analyse des cristaux ainsi obtenus et séchés à 40°. — Trouvé N pour 100 : 9,27 et 9,31. Théorie pour $C^{16}H^{14}O^{4}N^{2}$: N pour 100 : 9,39.

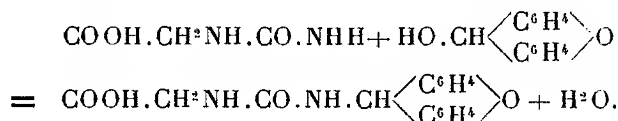
2. IDENTIFICATION PAR L'ANALYSE QUANTITATIVE ÉLÉMENTAIRE DE PETITES QUANTITÉS DE GLYCOCOLLE, A L'ÉTAT DE XANTHYLHYDANTOATE DE BARYUM OU D'ARGENT. — Cette méthode comporte quatre réactions successives.

a. Transformation du glycocolle en acide hydantoïque par l'action du cyanate de potassium



Placer au bain d'eau bouillante un tube à centrifuger contenant : solution *n*/10 de glycocolle : 2$^{cm^3}$, soit 15^{mg} ou M/1000 de cette acide aminé; cyanate de potassium pur : 18^{mg}, (théorie pour M/1000 : 16^{mg},2).

b. Condensation de l'acide hydantoïque et du xanthydrol



Après évaporation à sec du mélange précédent, refroidir, ajouter du xanthydrol cristallisé (90^{mg}, soit cinq fois le poids de cyanate) et de l'acide acétique (0$^{cm^3}$,9); triturer pendant 5 minutes, puis ajouter, peu à peu, de l'eau pour obtenir un volume de 25$^{cm^3}$ environ.

c. Dissolution dans les alcalis de l'acide xanthylhydantoïque. — Centrifuger; laver le dépôt trois ou quatre fois à l'eau; le triturer en présence de phtaléine avec NaOH N/10, ajoutée goutte à goutte jusqu'à réaction alcaline persistante (environ 2^{cm^3}, théorie 2^{cm^3}); centrifuger et filtrer; ajouter à la liqueur légèrement louche assez d'alcool pour la rendre parfaitement limpide.

d. Précipitation de l'acide xanthylhydantoïque à l'état de sel d'argent pur à l'analyse



$$O\left\langle\begin{matrix}C^6H^4\\C^6H^4\end{matrix}\right\rangle CH.NH.CO.NH.CH^2COOAg.$$

L'addition de nitrate d'argent N/10 à la liqueur hydroalcoolique du sel de sodium provoque la formation d'un précipité, formé d'aiguilles groupées microscopiques.

Analyse du corps recueilli par centrifugation, lavé à l'alcool à 50 pour 100, à l'alcool et à l'éther, séché à 95° :

	Ag pour 100.
Trouvé	26,74
Théorie pour $C^{16}H^{13}O^4N^2Ag$	26,66

e. Précipitation de l'acide xanthylhydantoïque à l'état de sel de baryum pur à l'analyse



$$[O(C^6H^4)^2CH.NH.CO.NH.CH^2COO]^2Ba.$$

La liqueur hydroalcoolique du sel de sodium, additionnée d'une solution à 1/100e de chlorure de baryum dans l'alcool à 50 pour 100, produit un précipité formé de longues et fines aiguilles chevelues.

Analyse : Trouvé Ba °/₀ : 18,68; théorie pour $C^{32}H^{26}O^8N^4Ba$, Ba °/₀ : 18,74.

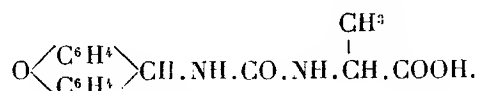
Analyse du sel recristallisé de sa solution hydroalcoolique : Trouvé Ba °/₀ : 18,78.

3. Obtention du xanthylhydantoate d'argent cristallisé a partir de $0^{mg},75$ de glycocolle. — Évaporer à sec, au bain-marie bouillant, dans un tube à centrifuger : solution de glycocolle N/100 : 1^{cm^3} (soit $0^{mg},75$ de glycocolle); solution de cyanate de potassium N/100 venant d'être préparée : 1^{cm^3}; refroidir, ajouter : xanthydrol cristallisé ($4^{mg},15$), acide acétique ($0^{cm^3},1$); triturer; ajouter goutte à goutte 5^{cm} d'eau; centrifuger; laver à l'eau par centrifugation; traiter le dépôt par KOH N/100 ajoutée goutte à goutte jusqu'à réaction alcaline persistante; centrifuger et dans la liqueur filtrée limpide verser du nitrate d'argent N/100 ($0^{cm^3},5$). Le liquide louchit, puis

abandonne le xanthylhydantoate d'argent en fines aiguilles groupées, microscopiques.

4. Les mêmes réactions permettent de transformer le glycocollate de cuivre en acide xanthylhydantoïque.

ALANINE. — Acide xanthylureido-α-propionique



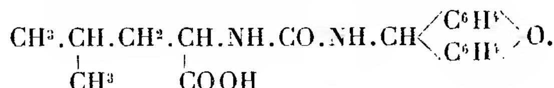
Xanthyluréido-α-propionate d'argent. — Fines aiguilles groupées obtenues comme le dérivé correspondant du glycocolle.

Analyse : Trouvé Ag °/₀ : 25,75; théorie pour $C^{17}H^{15}O^{4}N^{2}Ag$: 25,77.

Xanthyluréido-α-propionate de baryum. — Fines aiguilles, pures à l'analyse après deux cristallisations dans l'alcool à 50 pour 100.

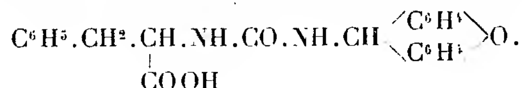
Analyse : Trouvé Ba : 18,00; théorie pour $C^{34}H^{30}O^{8}N^{4}Ba$: 18,05.

LEUCINE. — *Acide xanthyluréido-α-iso-caproïque*



Analyse : Trouvé N °/₀ : 7,89; théorie pour $C^{20}H^{22}O^{4}N^{2}$: 7,9.

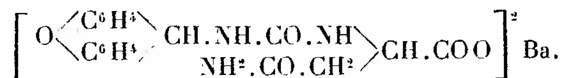
PHÉNYLALANINE. — *Acide xanthyluréido-α-phénylpropionique*



Aiguilles groupées obtenues par cristallisation d'un mélange d'éther et d'éther de pétrole.

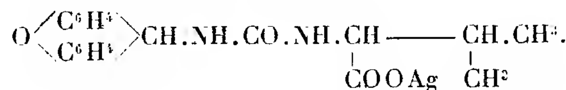
Analyse : Trouvé N °/₀ : 7,09; théorie pour $C^{23}H^{20}O^{4}N^{2}$: 7,2.

ASPARAGINE. — *Xanthyluréido-α-succinamate de baryum*



Analyse : Trouvé Ba °/₀ : 16,27; calculé pour $C^{36}H^{32}O^{10}N^{6}Ba$: 16,21.

VALINE. — *Xanthyluréido-α-iso-valérianate d'argent*



Analyse : Trouvé Ag °/₀ : 24,18; théorie pour $C^{19}H^{19}O^{4}N^{2}Ag$: 24,16.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Faible pouvoir pathogène, pour les petits singes, du virus murin I des rats du port de Tunis.* Note de M. **Charles Nicolle** et Mme **Hélène Sparrow**.

Le singe est, des animaux de laboratoire, le plus sensible aux virus typhiques. Sa maladie expérimentale rappelle, à l'éruption près, le typhus de l'homme dans ses formes atténuées non mortelles : fièvre de même dessin, réaction de Weil-Felix nette, immunité consécutive à l'atteinte.

Il nous a été donné, à maintes reprises, de vérifier ces faits au cours des recherches que nous poursuivons depuis 25 et 15 ans. Les divers *virus typhiques historiques* que nous avons eus entre les mains se sont comportés de cette manière : virus de l'Afrique Mineure (Tunisie, Algérie, Maroc) et d'Europe (Varsovie, Lwow).

Plusieurs expériences ont été pratiquées également sur singes avec des *virus typhiques murins* par Dyer, Marcandier, P. Lépine et nous-mêmes : virus de rats de Mexico, virus de rats ou de malades de Toulon, virus de rats d'Athènes, de rats d'Anvers, etc. Nous avons réuni un assez grand nombre des courbes thermométriques publiées; elles ne diffèrent pas sensiblement de celles qui traduisent l'infection des singes par le virus historique.

Notre virus murin B, isolé d'un rat de l'intérieur de la ville de Tunis, nous a donné des résultats analogues : forte fièvre du singe, Weil-Felix positif à un taux élevé.

En opposition avec ces résultats sont ceux que nous avons observés à la suite de l'inoculation à des petits singes de notre virus I des rats du port de Tunis.

Macacus cynomolgus D. — Inoculé, par voie péritonéale, avec un dixième du cerveau d'un cobaye du 10e passage; *pas de fièvre*, Weil-Felix négatif aux 15e et 20e jours. Éprouvé, 6 semaines plus tard, avec le même virus; puis, 1 mois ensuite, avec le virus historique de Tunis (218e passage), il s'est montré vacciné, Weil-Felix à 80 les 17e et 20e jours de la première épreuve et les 10e et 18e de la seconde. Témoins positifs.

Macacus cynomolgus T. — Inoculé dans les mêmes conditions et avec le même matériel; *typhus fébrile* net de 6 jours de durée, après une incubation de 7 jours; Weil-Felix faiblement positif (à 40) les 1er et 6e jours de la défervescence. Éprouvé, 8 mois plus tard, avec le virus historique, il s'est montré vacciné, Weil-Felix négatif. Témoins positifs.

Macacus cynomolgus M. — Inoculé, dans la cavité péritonéale, avec un dixième de cerveau d'un cobaye du 19e passage; *pas de fièvre*, Weil-Felix faiblement positif

(à 40) le 12e jour de l'inoculation. Témoins positifs. Éprouvé, 4 mois plus tard, avec le virus historique, il se montre vacciné, Weil-Felix négatif, témoins positifs.

Macacus cynomolgus G. — Inoculé, dans la cavité péritonéale, avec 1/10e de cerveau de rat du 25e passage; *pas de fièvre*, Weil-Felix positif (jusqu'à 320, le 18e jour de l'inoculation). Témoins positifs. Éprouvé, 1 mois plus tard, avec le virus historique, il se montre vacciné, Weil-Felix négatif.

Patas C. — Inoculé, sous la peau, avec 1/100e de cerveau d'un rat du 40e passage; *fièvre légère* de 7 jours, après une incubation de 8 jours, le dessin est celui d'un typhus, mais la température n'a atteint 40° qu'une seule fois (le 3e jour de la fièvre), Weil-Felix positif (jusqu'à 320, le 9e jour de la défervescence). Témoins positifs. Éprouvé, 1 mois plus tard, avec le virus historique; il se montre vacciné, Weil-Felix négatif, témoins positifs.

Papion T. — Inoculé, avec le même matériel que le précédent et dans les mêmes conditions, mais avec 1/10e de cerveau (au lieu de 1/100e); *réaction fébrile insignifiante* d'une durée de 3 jours, après une incubation de 11 jours; Weil-Felix positif (à 160, les 18e et 20e jours), témoins positifs, les mêmes que pour le singe précédent (la maladie de ces témoins a montré que la dose infectante minima pour le rat, par voie sous-cutanée, était de 1/100e de cerveau de rat). Éprouvé, 1 mois plus tard, avec le virus historique, il se montre vacciné, Weil-Felix négatif, témoins positifs.

Résumé. — Sur six singes, inoculés dans les conditions habituelles avec le virus murin I des rats du port de Tunis :

1° un seul a présenté une fièvre moyenne, un a montré une fièvre légère ne dépassant la température normale que de quelques dixièmes, un a réagi de façon fugace et insignifiante; les trois autres n'ont présenté aucune réaction fébrile;

2° les réactions de Weil-Felix ont été constantes (sauf dans un cas), mais peu accentuées;

3° les six singes, éprouvés avec le virus typhique historique, de 1 à 8 mois après la première inoculation, se sont montrés vaccinés.

Conclusion. — Alors que les virus typhiques historiques et murins, étudiés par les auteurs et par nous, donnent de façon à peu près constante un typhus fébrile aux petits singes, le virus murin I des rats du *port* de Tunis se fait remarquer par un pouvoir pathogène inappréciable ou faible vis-à-vis de ces animaux. Il se distingue, à ce point de vue, d'un autre virus murin autochtone, isolé d'un rat de l'*intérieur de la ville* de Tunis (virus B).

ASTROPHYSIQUE. — *Variation annuelle de l'intensité des raies brillantes du ciel nocturne.* Note (¹) de MM. **J. Cabannes** et **J. Dufay.**

I. Le spectrographe ouvert à F/0,7 décrit dans une Note précédente (²) permet de photographier en 6 heures environ le spectre du ciel nocturne et d'étudier ainsi les variations d'intensité que montrent, d'une nuit à l'autre, les raies d'émission les plus intenses. L'appareil est pointé vers le Nord, à 22°,5 de hauteur. Sur chaque plaque on a fait, dans des conditions rigoureusement définies, une pose d'étalonnage à travers un échelon de densités connues. L'enregistrement des clichés au microphotomètre permet ainsi d'évaluer, d'une part l'éclairement produit par l'ensemble d'une raie brillante et du spectre continu auquel elle est superposée, d'autre part l'éclairement produit par le spectre continu seul. On obtient par différence l'éclairement produit par la raie.

Du 18 décembre 1933 à la fin de janvier 1935, nous avons réuni 68 spectrogrammes correspondant à autant de nuits claires et sans lune. Ceux des mois d'août et septembre 1934 ont été obtenus à Forcalquier, à la station d'astrophysique de l'Observatoire de Paris; tous les autres, à Montpellier. Les mesures ont porté sur le groupe 4418-4426 Å et sur la raie 4173 Å, les deux radiations les plus intenses et les plus faciles à isoler du spectre continu entre 3900 et 5000 Å.

II. On constate d'une nuit à l'autre des variations d'intensité d'allure fortuite, pouvant aller parfois du simple au double. Mais elles ne parviennent pas à masquer une variation plus lente et plus régulière dont l'amplitude est aussi plus grande (³). Les moyennes mensuelles des intensités des deux radiations sont données, en unités arbitraires, dans le Tableau ci-dessous et représentées graphiquement par les courbes II et III. On voit que leurs marches sont analogues, bien qu'il n'y ait pas proportionnalité mais seulement corrélation notable entre les deux séries de mesures individuelles (coefficient de corrélation $0,68 \pm 0,07$).

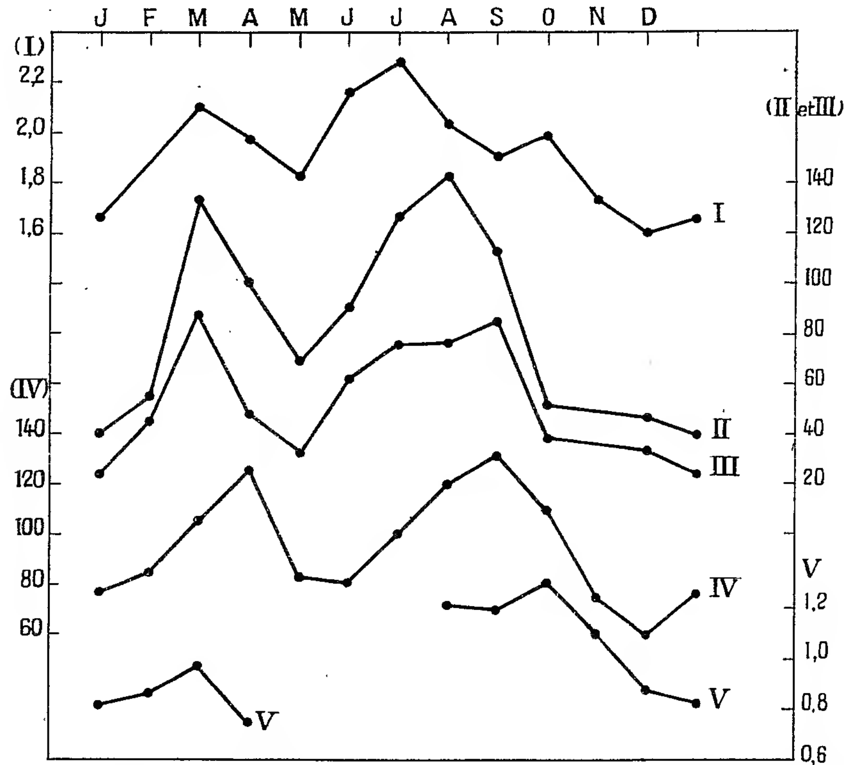
(¹) Séance du 25 février 1935.

(²) J. Cabannes et J. Dufay, *Comptes rendus*, 193, 1934, p. 306.

(³) L'écart moyen des nombres relatifs à la radiation 4420, qui atteint 53 pour 100 lorsqu'on prend les écarts par rapport à la moyenne générale, est réduit de moitié lorsqu'on envisage les écarts par rapport aux moyennes mensuelles.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
4420 Å.......	40	57	133	100	69	91	127	143	112	51	»	48
4173 Å.......	24	45	88	48	32	62	76	77	85	38	»	33

Nos observations ne s'étendent encore que sur 14 mois, mais nous pensons que ces moyennes mensuelles représentent une variation annuelle



1, brillance du ciel nocturne au voisinage du pôle nord mesurée par photographie (1924-1925) (en étoiles de magnitude photographique 5,0 par degré-carré); II, intensité de la radiation 4420 (1934) (en unités arbitraires); III, intensité de la radiation 4173 (1934) (en unités arbitraires); IV, fréquence des aurores de basse latitude (à New-York, en 25 ans); V, intensité de la raie 5577 (à Terling, 1922-1928) (en unités arbitraires).

susceptible de se reproduire d'année en année au moins dans ses grandes lignes. L'amplitude considérable de la variation observée dans les moyennes mensuelles (de 1 à près de 4) explique en effet fort bien les difficultés saisonnières éprouvées précédemment pour photographier d'une manière permanente le spectre d'émission du ciel avec des appareils moins lumineux.

III. Cette variation annuelle peut être rapprochée de celle, beaucoup

plus faible, de la brillance du ciel mesurée par photographie en lumière totale. La courbe I représente les moyennes mensuelles des mesures faites sur la région polaire en 1924-1925 à Montpellier et en Haute Provence ([1]). Le maximum d'été paraît s'y être produit un mois plus tôt. S'il était confirmé par de nouvelles observations, ce décalage pourrait être attribué à une intensité plus grande du spectre continu vers le solstice d'été, alors que le Soleil se trouve à la fois à une hauteur plus faible au-dessous de l'horizon et à une plus petite distance angulaire du pôle.

En supposant que le spectre continu ait une intensité constante et que toutes les raies varient ensemble dans le même rapport, la comparaison des amplitudes observées simultanément en lumière totale et en lumière monochromatique permettrait d'évaluer la part qui revient à l'ensemble des raies d'émission de la région bleue violette dans la brillance globale du ciel nocturne. En comparant les courbes ci-dessus, on trouve que le spectre discontinu produit une fraction de la brillance totale *mesurée par photographie* qui varie suivant l'époque de l'année entre 0,15 et 0,40 et dont la valeur moyenne serait 0,25. Ce résultat est d'ailleurs incertain puisque les deux séries de mesures ont été faites à 10 ans d'intervalle.

IV. La variation des raies 4420 et 4173 Å rappelle enfin celle de la raie verte 5577 Å étudiée en Angleterre par Lord Rayleigh (courbe V) ([2]) et la fréquence des aurores de basse latitude d'après 25 ans d'observation à New-York (courbe IV). L'analogie est un peu moins prononcée avec la fréquence des perturbations magnétiques.

Ces ressemblances permettent de penser que l'émission des raies bleues est liée à celle de la raie verte et aussi que, malgré d'importantes différences spectrales, les aurores polaires proprement dites et l'émission du ciel nocturne pourraient avoir une cause commune. En tout cas l'époque des minima observés pour les radiations 4420 et 4173 coïncide assez bien avec le passage de la Terre dans le plan de l'équateur solaire (4 juin et 8 décembre); l'époque des maxima, avec les deux plus grandes latitudes héliographiques du centre du Soleil ($\pm 7^\circ 25'$ les 6 mars et 8 septembre). Ces coïncidences font songer à une excitation par des rayons corpusculaires émis par la zone des taches dont la latitude moyenne est $\pm 15^\circ$.

([1]) J. Dufay, *Thèse*, Paris, 1928.

([2]) *Proceedings Royal Society*, A, **119**, 1928, p. 11

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la cinématique de la chaux, de la magnésie et de leur rapport physiologique dans la feuille du Tabac; méthode des relais foliaires.* Note [1] de MM. **Henri Lagatu** et **Louis Maume**.

En prélevant à des dates successives dans un même milieu, sur des individus comparables d'une même espèce végétale, le Tabac par exemple, une feuille occupant un rang déterminé et en analysant ces échantillons successifs dans le temps, l'on peut connaître la cinématique des variations chimiques de cette feuille pendant qu'elle se développe.

Mais on peut aussi prélever simultanément à une même date des feuilles nées à des dates successives et occupant sur la tige des rangs successifs dans l'espace. Si l'alimentation et la croissance du végétal n'ont pas subi de vicissitudes trop violentes, la feuille qui occupe un rang inférieur à celui d'une autre peut être considérée comme représentant cette autre à un âge plus avancé. Il y a dans cette *méthode des relais* une ressource pour prolonger le temps d'observation physiologique de *la feuille*, ainsi conçue sans localisation sur le végétal étudié : entité abstraite sans doute, mais faite d'une suite de réalités concrètes, dont il s'agit simplement de justifier la sériation.

Le graphique ci-joint, qui est relatif aux teneurs en chaux et en magnésie de la feuille de Tabac, culture de Grolejac (1934) [2], montre les résultats obtenus en combinant les deux points de vue. Il s'agit ici des deux parcelles 4 et 4 *bis* qui n'ont pas reçu d'engrais phosphaté pouvant apporter chaux et magnésie. Dans ces deux parcelles homologues nous avons prélevé, les 13 juillet, 3 et 22 août, simultanément les couples de feuilles de rangs 2-3, 6-7, 9-10. De plus, en ce qui concerne seulement les feuilles 2-3, il y a eu un échantillonnage antérieur, le 27 juin.

Voici les conclusions qu'on peut tirer de ce graphique :

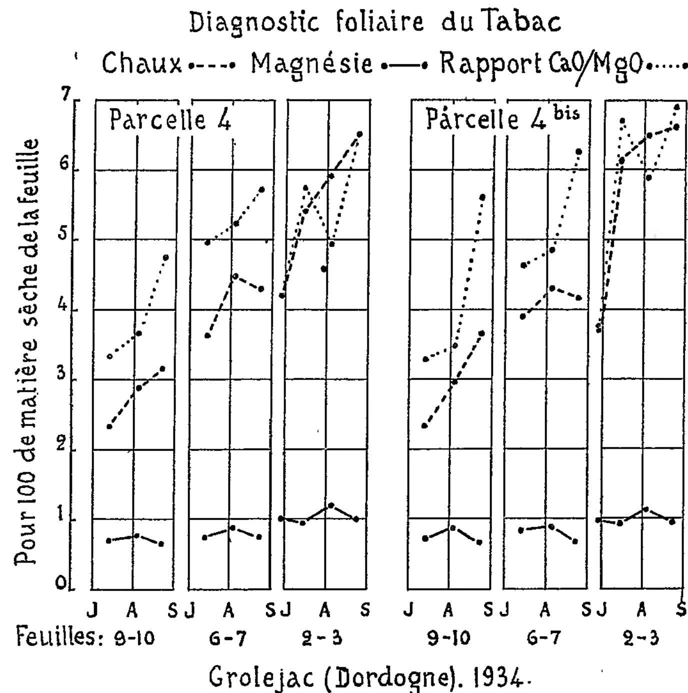
1° En ce qui concerne la chaux et la magnésie, le mouvement général du chimisme de la feuille, soit qu'on observe une feuille de rang déterminé à des dates successives, soit qu'on prolonge l'observation en passant successivement pour une même date des rangs 9-10 aux rangs 6-7, puis aux rangs 2-3, consiste en une augmentation de la magnésie et une augmentation beaucoup plus importante de la chaux pour 100 de matière sèche de la feuille.

---

(1) Séance du 4 mars 1935.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 502.

2° Troublant cette tendance générale, des à-coups peuvent faire momentanément régresser les teneurs en chaux ou en magnésie; ces perturbations se sont retrouvées aux mêmes dates et avec de grandes similitudes dans les dix parcelles du champ; elles sont dues à l'intervention de conditions météorologiques qui ont retardé momentanément l'évolution



FUMURE NK

chimique du végétal : observation très importante, montrant une fois de plus, comme nous l'avons déjà observé chez la Pomme de Terre et chez la Vigne, que *la plante, dans le milieu de sa culture pratique, subit des contraintes extérieures auxquelles elle subordonne son chimisme, tout en leur opposant plus ou moins victorieusement sa propre tendance biologique*; c'est l'histoire de chaque année culturale, et nous insistons sur ce fait, singulièrement méconnu, que *c'est l'histoire des variations de l'équilibre alimentaire autant que des variations morphologiques*.

3° L'allure et la suite des diagrammes justifient ici la méthode des relais foliaires en ce qui concerne la chaux et la magnésie. Cette justification apparaît aussi bien, en ce qui concerne l'unité NPK, dans le graphique de

notre Note précédente (1). On remarque en particulier que, dans ces deux graphiques, l'intervalle de deux feuilles entre la couple 2-3 et la couple 6-7 est chimiquement plus marqué que l'intervalle d'une seule feuille entre la couple 6-7 et la couple 9-10.

4° Le rapport CaO/MgO augmente d'une manière générale avec l'âge de la feuille; mais il subit aussi des à-coups transitoires.

5° On peut lire sur le graphique que les feuilles 2-3 prélevées le 27 juin avaient à peu près, quant à leur teneur en chaux, l'âge physiologique des feuilles 6-7 prélevées le 22 août dans la parcelle 4 et des feuilles 9-10 prélevées le 22 août dans la parcelle 4 *bis*.

6° La date de notre dernier échantillonnage, 22 août, coïncide avec le commencement de la récolte en tiges. On sait que ce genre de récolte recueille tout ensemble des feuilles basses trop mûres et des feuilles hautes qui ne le sont pas assez. Notre graphique, par la comparaison des teneurs en chaux, dans les derniers échantillons des trois couples de feuilles, montre nettement ce fait.

M. **Paul Janet** fait hommage à l'Académie de :

1° une brochure relative aux *Travaux* et au *rôle scientifique international du Laboratoire Central d'Électricité* dans le domaine des Unités et Étalons électriques et photométriques (1904-1934);

2° la deuxième édition de son ouvrage intitulé *Problèmes et Exercices d'Électricité générale ;*

3° un ouvrage de M. Louis Cohen, traduit par M. Frédéric Sarrat, intitulé *Théorie du circuit électrique d'Heaviside*, dont il a écrit l'*Avant-propos*.

COMMISSIONS.

Le scrutin pour la nomination des Commissions de prix de 1935, est clos en la séance du 4 mars.

51 cahiers de vote ont été déposés.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

(1) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 502.

I. Mathématiques : *Prix Francœur.* — MM. É. Picard, M. Hamy, L. Lecornu, J. Hadamard, É. Goursat, É. Borel, H. Lebesgue, É. Cartan, G. Julia.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. d'Ocagne, J. Drach.

II. Mécanique : *Prix Montyon*, *Poncelet*, *fondation Henri Bazin.* — MM. É. Picard, L. Lecornu, E. Goursat, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. d'Ocagne, A. de Gramont.

III. Astronomie : *Prix Lalande*, *Damoiseau*, *Valz*, *Pierre Guzman*, *G. de Pontécoulant*, *La Caille.* — MM. É. Picard, H. Deslandres, M. Hamy, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, C. Maurain, A. de La Baume Pluvinel, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. E. Fichot, C. Fabry.

IV. Géographie : *Prix Gay, fondation Tchihatchef*, *prix Alexandre Givry.* — MM. A. Lacroix, H. Douvillé, L. Mangin, C. Lallemand, R. Bourgeois, E. Fichot, G. Perrier, J. Tilho, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Molliard, C. Maurain.

V. Navigation : *Prix du Ministère de la Marine*, *Plumey.* — MM. É. Picard, C. Lallemand, L. Lecornu, R. Bourgeois, M. Laubeuf, E. Fichot, G. Perrier, J. Charcot, J. Drach, É. Jouguet, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, A. Caquot, N....

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. É. Borel, P. Langevin.

VI. Physique : *Prix Gaston Planté*, *Hébert*, *Henri de Parville*, *Hughes*, *Pierson-Perrin*, *fondation Clément Félix.* — MM. É. Picard, É. Branly, P. Janet, M. Brillouin, J. Perrin, A. Cotton, M. de Broglie, C. Fabry, P. Langevin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. A. de Gramont, L. de Broglie.

VII. Chimie : *Prix Montyon des arts insalubres, Jecker*, *fondation Cahours*, *prix Houzeau.* — MM. A. Lacroix, H. Le Chatelier, A. Béhal, G. Urbain, G. Bertrand, A. Desgrez, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Perrin, M. de Broglie.

VIII. Minéralogie et Géologie : *Prix Delesse*, *Fontannes*, *Victor Raulin*,

Joseph Labbé. — MM. A. Lacroix, C. Barrois, H. Douvillé, F. Wallerant, C. Mangin, L. de Launay, P. Sabatier, L. Cayeux, C. Jacob.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. J. Perrin, A. Cotton.

IX. Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, Jean Thore, de Coincy, Jean de Rufz de Lavison*. — MM. L. Bouvier, A. Lacroix, L. Mangin, J. Costantin, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. P. Viala, R. Fosse.

X. Économie rurale : *Prix Paul Marguerite de La Charlonie*. — MM. L. Mangin, J. Costantin, P. Marchal, E. Leclainche, P. Viala, L. Lapicque, R. Fosse, É. Schribaux, G. Moussu.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem.

XI. Anatomie et Zoologie : *Prix Cuvier, fondation Savigny*. — MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, A. Lacroix, H. Douvillé, P. Marchal, L. Joubin, F. Mesnil, C. Gravier, M. Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Richet, L. Cuénot.

XII. Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, Chaussier, Mège, Dusgate, Bellion, Larrey, Argut, Jean Dagnan-Bouveret, Louise Darracq, Eugène et Amélie Dupuis*. — MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, É. Branly, C. Richet, E. Leclainche, F. Mesnil, H. Vincent, C. Achard, C. Nicolle, A. Gosset, J.-L. Faure.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. Joubin, L. Lapicque.

XIII. Physiologie : *Prix Montyon, Pourat, Philipeaux, Fanny Emden*. — MM. A. d'Arsonval, L. Mangin, C. Richet, F. Mesnil, C. Gravier, M. Molliard, L. Lapicque.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Vincent, M. Caullery.

XIV. Statistique : *Prix Montyon*. — MM. É. Picard, L. Lecornu, É. Borel, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, J. Drach, C. Maurain.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. P. Janet, É. Cartan.

XV. Histoire et philosophie des sciences : *Prix Binoux*. — MM. É. Picard, L. Bouvier, L. de Launay, C. Richet, É. Borel, M. Caullery, L. de Broglie.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Molliard, P. Langevin.

XVI. Ouvrages de sciences : *Prix Henri de Parville, Jeanbernat-Doria*. —

MM. P.-A. Dangeard, J. Perrin, É. Picard, A. Lacroix, et trois membres élus : MM. É. Borel, C. Gravier, P. Janet.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Villat, M. Caullery, M. d'Ocagne.

XVII. *Médailles Arago, Lavoisier, Berthelot, Henri Poincaré.* — MM. P.-A. Dangeard, J. Perrin, É. Picard, A. Lacroix.

XVIII. *Prix Gustave Roux, Thorlet, fondations Giffard, Lannelongue, Gibou, Alexandre Darracq, Leroy-Drouault, Octave Mirbeau, Trémont, Gegner, Hirn, Henri Becquerel, Mme Victor Noury, Charles Frémont.* — MM. P.-A. Dangeard, J. Perrin, É. Picard, A. Lacroix, C. Lallemand, L. Bouvier.

XIX. *Prix fondé par l'État* (Grand prix des sciences physiques). — MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, C. Barrois, H. Douvillé, H. Le Chatelier, P.-A. Dangeard, M. Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. L. de Launay, C. Gravier.

XX. *Prix Bordin* (Sciences mathématiques). — MM. É. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, É. Goursat, É. Borel, H. Lebesgue, É. Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Deslandres, J. Drach.

XXI. *Prix Lallemand.* — MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, P. Marchal, C. Richet, L. Joubin, F. Mesnil, C. Gravier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Caullery, L. Lapicque.

XXII. *Prix Serres.* — MM. A. d'Arsonval, L. Bouvier, P. Marchal, C. Richet, E. Leclainche, L. Joubin, F. Mesnil, C. Gravier, M. Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. H. Vincent, L. Lapicque.

XXIII. *Prix Maujean.* — MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, L. Joubin, F. Mesnil, C. Gravier, H. Vincent, M. Caullery.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. P.-A. Dangeard, L. Lapicque.

XXIV. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences mathématiques pures ou appliquées). — MM. É. Picard, L. Lecornu, J. Hadamard, É. Borel, H. Lebesgue, E. Fichot, É. Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. É. Goursat, M. d'Ocagne.

XXV. *Prix Petit d'Ormoy* (Sciences naturelles). — MM. L. Bouvier,

A. Lacroix, H. Douvillé, L. Mangin, P.-A. Dangeard, L. Joubin, F. Mesnil.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Gravier, M. Molliard.

XXVI. *Prix Saintour* (Sciences mathématiques). — MM. É. Picard, M. Hamy, É. Borel, M. d'Ocagne, H. Lebesgue, A. Cotton, É. Cartan.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Maurain, H. Villat.

XXVII. *Prix Lonchampt.* — MM. A. d'Arsonval, A. Lacroix, L. Mangin, C. Richet, E. Leclainche, F. Mesnil, G. Bertrand.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. P.-A. Dangeard, M. Molliard.

XXVIII. *Prix Henry Wilde.* — MM. É. Picard, H. Deslandres, A. Lacroix, M. Hamy, É. Borel, G. Bertrand, J. Perrin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. E. Esclangon, C. Jacob.

XXIX. *Prix Marquet* (Sciences physiques). — MM. A. Lacroix, H. Le Chatelier, P.-A. Dangeard, L. Joubin, F. Mesnil, R. Fosse, C. Jacob.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. M. Molliard, M. Caullery.

XXX. *Fondation Roy-Vaucouloux, Henriette Régnier.* — MM. C. Richet, L. Joubin, F. Mesnil, H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, A. Gosset.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. C. Gravier, C. Achard.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Résistance des matériaux, analytique et graphique*, par Bertrand de Fontviolant.

2° Ludovic Gaurier, *Les lacs des Pyrénées françaises.*

3° *Les grottes paléolithiques des Beni-Segoual* (Algérie), par C. Arambourg, M. Boule, H. Vallois, R. Verneau.

ALGÈBRE. — *Forme réduite d'une substitution linéaire unilatérale quaternionienne.* Note de M. **Sylvain Wachs**, présentée par M. Élie Cartan.

Les quaternions dont il est question dans cette Note sont des quantités hypercomplexes de la forme

$$X = x_0 + e_1 x_1 + e_2 x_2 + e_3 x_3,$$

e_1, e_2, e_3 désignant, comme d'habitude, les unités principales et les x_i des quantités réelles. Si l'on pose $z_1 = x_0 + e_1 x_1$ et $z_2 = x_3 + e_1 x_2$, on voit aisément que $X = z_1 + e_3 z_2$. Tout quaternion de la forme $a + e_i b$ ($i = 1$, 2 ou 3), et a et b réels, est appelé par nous « quaternion réduit », tous les quaternions réduits relatifs à la même unité principale sont assimilables, au point de vue du calcul, à des quantités complexes ordinaires.

On sait que tout quaternion X vérifie une équation algébrique du second degré à coefficients réels (dite équation au rang)

$$X^2 - 2x_0 X + x_0^2 + x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = 0.$$

Tous les quaternions ayant la même équation au rang seront dits équivalents.

On sait aussi qu'une équation algébrique $f(x) = 0$, à coefficients réels, qui admet des racines imaginaires, admet aussi des racines quaternioniennes et même en admet une infinité; car chaque facteur du second degré de la décomposition de $f(x)$ peut être regardé comme équation au rang d'un quaternion, et les quaternions équivalents forment une famille à deux paramètres réels.

Ceci posé, si nous considérons une substitution linéaire unilatérale quaternionienne (que nous supposerons pour fixer les idées à droite) à nabla différent de zéro [1], elle est de la forme

$$X'_i = \sum_{j=1}^{n} a_j^i X_j \qquad (i = 1, 2, \ldots, n).$$

Nous la désignerons désormais par S, nous appellerons « point » l'ensemble de n quaternions non tous nuls $X_1, X_2, \ldots, X_n$. Par convention nous ne regarderons pas comme distincts deux points M et M′ dont les coordonnées se déduisent par multiplication à droite par un même facteur.

---

(1) Voir *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1472.

Un point sera une combinaison de p points A_i ($i = 1, 2, \ldots, p$), si l'on peut écrire ses coordonnées sous la forme symbolique

$$M = \sum_{i=1}^{p} A_i b_i,$$

les b_i n'étant pas tous nuls. L'effet de la substitution S sur le point M se représentera par $M' = S.M$. Il ne faut voir dans ce langage géométrique qu'une façon commode de parler et entendre par les coordonnées du point l'ensemble de n quaternions qui le définissent. Moyennant ces conventions de langage nous avons établi :

THÉORÈME I. — *La substitution* S *satisfait à une équation algébrique à coefficients réels de degré au plus égal à* $2n$: $F(S) = 0$.

Nous appelons cette équation, l'équation minima de S *pour rappeler qu'elle est l'équation de plus bas degré à laquelle satisfait* S.

THÉORÈME II. — *Si* φ *est un facteur du premier ou du second degré du premier membre* $F(S)$ *de l'équation minima d'une substitution* S, *figurant p fois dans la décomposition de* $F(S)$, *il existe des solutions, non nulles, de*

(1) $\varphi^q M = 0$, avec la condition supplémentaire $\varphi^{q-1} M \neq 0$.

THÉORÈME III. — *Toute solution* M *de* (1) *est une combinaison linéaire des solutions linéairement distinctes de*

(2) $$S.A_{iq} = \lambda A_{iq} + \sum_{j} \sum_{h=1}^{q-1} A_{jh} b_{jh},$$

λ étant la racine scalaire de φ si φ est du premier degré; un quaternion réduit, dont on peut toujours supposer le coefficient de e_i positif, et annulant φ si φ est du second degré.

THÉORÈME IV. — *On peut toujours disposer des points linéairement distincts* A_{jh} *de façon que les* b_{jh} *soient tous nuls sauf* $b_{iq,-1} = 1$.

THÉORÈME V. — *Tous les points* A_{ik} *satisfaisant aux théorèmes III et IV relatifs aux différents facteurs de décomposition de* $F(S)$, *sont linéairement distincts entre eux.*

THÉORÈME VI. — *Tout point* M *quelconque peut toujours se mettre sous la forme d'une combinaison linéaire des points* A_{ik}.

THÉORÈME FONDAMENTAL. — *Il existe une substitution linéaire* T *qui donne à* S *la forme réduite suivante :*

Le tableau des coefficients de S *est décomposable en tableaux carrés. Les tableaux non situés sur la diagonale principale sont tous formés de zéros. Un tableau situé sur la diagonale principale a lui-même sa diagonale principale*

formée avec la même racine λ (celle du théorème III), la diagonale immédiatement inférieure et parallèle à la diagonale principale formée de 1, les autres termes étant nuls; les λ figurant dans deux tableaux carrés de la diagonale principale peuvent être les mêmes.

La substitution T *s'obtient alors en donnant aux points* A_{ik} *des coordonnées nulles sauf une (qui n'est jamais la même d'un point à un autre) qui est prise égale à* 1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une formule de quadrature de Tchebicheff.* Note [1] de MM. N. **Akhyeser** et M. **Krein**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. P. Tchebicheff [2] a proposé la formule de quadrature suivante

$$\int_a^b f(x)\,q(x)\,dx = \lambda\left\{\sum_{i=1}^{n} f(\alpha_i) - \sum_{i=1}^{n} f(\beta_i)\right\} + R_n,$$

où $q(x)$ est une fonction connue, satisfaisant à la condition $\int_a^b q(x)\,dx = 0$ et λ, α_i, β_i sont certains nombres constants, qui doivent être déterminés $\left[\text{d'après les nombres donnés } s_k = \int_a^b x^k q(x)\,dx \ (k = 1, 2, \ldots, 2n+1)\right]$ de telle manière que $R_\alpha = 0$ pour tout polynome $f(x)$ de degré ne surpassant pas $2n+1$.

Après un léger remaniement, on peut énoncer les règles données par Tchebicheff lui-même pour la détermination des nombres λ, α_i, β_i, comme il suit :

a. Soient

$$\Delta_k(L) = \begin{vmatrix} t_0(L) & t_1(L) & \ldots & t_k(L) \\ t_1(L) & t_2(L) & \ldots & t_{k+1}(L) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ t_k(L) & t_{k+1}(L) & \ldots & t_{2k}(L) \end{vmatrix};$$

$$\Delta_m(z;\,L) = \begin{vmatrix} t_0(L) & t_1(L) & \ldots & t_m(L) \\ t_1(L) & t_2(L) & \ldots & t_{m+1}(L) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ t_{m-1}(L) & t_m(L) & \ldots & t_{2m-1}(L) \\ 1 & z & \ldots & z^m \end{vmatrix}$$

$$(k = 0, 1, 2, \ldots, n;\ m = 1, 2, \ldots, n),$$

---

[1] Séance du 4 février 1935.

[2] *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 2e série, 19, 1874, p. 19-34.

où les nombres $t_0(L)$, $t_1(L)$, ..., se déterminent par le développement

$$e^{\frac{1}{L}\left(\frac{S_1}{z}+\frac{S_2}{2z^2}+\frac{S_3}{3z^3}+\ldots+\frac{S_{2n-1}}{(2n+1)z^{2n+1}}\right)}=1+\frac{t_0(L)}{z}+\frac{t_1(L)}{z^2}+\ldots+\frac{t_{2n}(L)}{z^{2n+1}}+\ldots.$$

b. Alors λ est racine de l'équation $\Delta_n(L)/\Delta^2_{n-1}(L)=0$ et les quantités α_i, β_i sont des zéros des polynomes $\Delta_n(z;\lambda)$ et $\Delta_n(z;-\lambda)$ respectivement.

2. A. Markoff (¹) a constaté que la question de la réalité des nombres λ, α_i, β_i reste à discuter. L'exemple $n=2$, $s_1=1$, $s_2=s_3=s_4=0$, $s_5=-5$, où $\Delta_2(L)=\text{const.}/L^5(1/L^4-720)$, $\Delta_2(z;L)=\text{const.}/L^4(z^2-z/2L+1/12L^2)$ et $\alpha_{1,2}=1/\lambda(1\pm i/\sqrt{3})$, montre que α_i, β_i peuvent être complexes même dans le cas où $\Delta_n(L)=0$ a des racines réelles; si $n=2$, $s_1=1$, $s_2=s_3=s_4=0$, $s_5=5$, l'équation $\Delta_2(L)=\text{const.}/L^5(1/L^4+720)$ a toutes ses racines λ complexes.

Remarquons que $\Delta_n(L)$ est toujours une fonction paire ou impaire selon que n est pair ou impair.

3. Il nous semble que, d'après ce qui a été dit, la proposition qui suit présente un certain intérêt.

THÉORÈME. — *Si les nombres s_k ont la propriété que la forme quadratique $\sum_{i,k=0}^{n}\frac{s_{i+k+1}}{i+k+1}x_ix_k$ est définie, alors l'équation $\Delta_n(L)=0$ a au moins une racine positive. Soit λ la plus grande racine positive de cette équation; alors :*

1° *Si $\Delta_{n-1}(\lambda)\neq 0$, les fonctions $\Delta_n(z;\lambda)$ et $\Delta_n(z;-\lambda)$ ont chacune n zéros réels simples, qui se séparent; dans ce cas, pour tout polynome $f(x)=\sum_i^{2n+1}a_ix^i$ a lieu l'égalité*

$$a_1s_1+a_2s_2+\ldots+a_{2n+1}s_{2n+1}=\lambda\left\{\sum_{k=1}^{n}f(\alpha_k)-\sum_{k=1}^{n}f(\beta_k)\right\};$$

2° *Si $\Delta_{n-1}(\lambda)=0$, $p-1$ étant l'indice du dernier mineur différent de zéro dans la suite $\Delta_k(\lambda)$ $(k=0,1,\ldots,n-2)$, chacun des polynomes $\Delta_p(z;\lambda)$, $\Delta_p(z;-\lambda)$ a des zéros réels simples, qui se séparent; dans ce cas, pour tout polynome $f(x)=\sum_{i=0}^{2n}a_ix^i$ a lieu l'égalité*

$$a_1s_1+a_2s_2+\ldots+a_{2n}s_{2n}=\lambda\left\{\sum_{k=1}^{p}f(\alpha_k)-\sum_{k=1}^{p}f(\beta_k)\right\}\qquad(p<n).$$

(¹) *Mém. Acad. Sc. de Pétersbourg*, Classe Phys. Math., 3, nº 5, 1896, p. 45.

et en outre

$$s_{2n+1}=\lambda\left\{\sum_{k=1}^{p}\alpha_k^{2n+1}-\sum_{k=1}^{p}\beta_k^{2n+1}\right\}+\tau s_1, \qquad où\ \tau\geqq 0.$$

Remarquons que les nombres $s_k(k=1, 2, \ldots, 2n+1)$ ont toujours la propriété exigée par le théorème énoncé, s'ils admettent la représentation (¹) $s_k=\int_{-\infty}^{\infty}x^k q(x)\,dx$, $q(x)$ vérifiant les conditions $\int_{-\infty}^{\infty}q(x)\,dx=0$, $\int_{-\infty}^{x}q(x)\,dx$ ne changeant pas de signe dans l'intervalle $(-\infty, \infty)$. Ces conditions sont remplies, par exemple, pour les deux cas

$$q(x)=0 \quad \text{pour} \quad x<-1 \quad \text{et} \quad x>1, \quad q(x)=x \quad \text{ou} \quad \frac{x}{\sqrt{1-x^2}} \quad \text{pour} \quad -1\leqq x\leqq 1,$$

dont Tchebicheff a illustré sa règle en prenant $n=1, 2$.

A notre connaissance, même dans ces cas particuliers, pour n quelconque on n'avait pas établi la réalité des nombres α_i, β_i, qui suit du théorème énoncé, si l'on prend pour λ la plus grande racine de l'équation $\Delta_n(L)=0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur des équations fonctionnelles exprimant des théorèmes d'addition, et d'autres plus générales.* Note de M. **Robert Meynieux**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Les questions que je traite ici se rattachent aux considérations développées dans une précédente Note (²).

1. En modifiant convenablement le raisonnement par lequel M. Montel (³) montre qu'une fonction continue satisfaisant à certaines conditions est analytique par morceaux, on est conduit à la généralisation suivante.

Hypothèses : 1° A tout point μ d'un domaine Δ, topologiquement équivalent au domaine $\Sigma x_i^2\leqq 1$ de l'espace $(x_1, \ldots, x_{2p})$, correspondent continûment trois points $M(X_1, \ldots, X_m)$, $N(Y_1, \ldots, Y_n)$, $P(Z_1, \ldots, Z_n)$, qui décrivent, quand μ décrit Δ, trois continus A, B, C, topologiquement équi-

(¹) Toutes les intégrales sont prises au sens de M. Lebesgue.

(²) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 201. Voir à ce sujet une note de M. Picard (*Comptes rendus*, 200, 1935, p. 271); M. Myrberg (*Journal de Crelle*, 170, 1934, p. 107-122) a traité le même problème que MM. Ritt et Montel par une autre méthode.

(³) *Ann. scient. de l'École Normale supérieure*, 3ᵉ série, 48, 1931, p. 65-94.

valents au domaine $\Sigma x_i^2 \leq 1$ de l'espace $(x_1, \ldots, x_p)$, A dans un espace à m dimensions, B et C dans des espaces à n dimensions.

2° Deux triplets tels que M, N, P, correspondant à des points μ distincts, n'ont pas plus d'un élément commun, et les points μ (s'il y en a plusieurs) correspondant à un même point N ou P forment un continu.

3° Dans Δ sont vérifiées n équations $F_1 = \ldots = F_n = 0$, où les F_i sont des fonctions holomorphes de M, N, P, et ces équations (au voisinage de M, N, P correspondant à μ) n'ont qu'un nombre fini de solutions en P (en N) quand on se donne M et N (M et P), au moins pour un ensemble de points μ partout dense dans Δ.

Conclusion (si $p < n$) : *les continus* B *et* C *sont formés de morceaux analytiques, qui sont en nombre fini dans tout domaine intérieur.* Le nombre total des morceaux est fini si à tout couple N, P de B, C correspond un point μ.

En particulier, si l'on pose $Y_{n-p+i} = v_i$, $Z_{n-p+i} = w_i$, et si l'on suppose que $Y_1, \ldots, Y_{n-p}$ sont des fonctions déterminées de $v_1, \ldots, v_p$, et de même $Z_1, \ldots, Z_{n-p}$ des fonctions de $w_1, \ldots, w_p$, ces fonctions sont analytiques par morceaux.

2. Cela s'applique aux théorèmes d'addition obtenus en posant

$$X_{m-p+i} = u_i, \qquad F_{n-p+i} \equiv u_i + v_i + w_i$$

et supposant que $X_1, \ldots, X_{m-p}$ sont fonctions de $u_1, \ldots, u_p$.

De quelle nature sont alors les fonctions analytiques $Y_i(v_1, \ldots, v_p)$, $Z_i(w_1, \ldots, w_p)$ quand $F_1, \ldots, F_{n-p}$ sont des polynomes qui ne dépendent pas des u_i, ni des v_i, ni des w_i? Dans le cas où $m = n$ et où

$$X_i = Y_i(u_1, \ldots, u_p) \quad \text{et} \quad Z_i = Y_i(-w_1, \ldots, -w_p),$$

M. Myrberg [1] a ramené le problème à la recherche de r fonctions analytiques de r variables, indépendantes et admettant un théorème d'addition algébrique : d'après Weierstrass [2], de telles fonctions s'expriment algébriquement au moyen d'un corps de fonctions abéliennes (proprement dites ou dégénérées); le résultat de M. Myrberg consiste en ce que les $n - p$ fonctions Y_i s'expriment de la même manière, r étant le nombre de

(1) *Über Systeme analytischer Funktionen, welche ein Additionstheorem besitzen* (*Preisschrift gekrönt von der Jablonowskischen Gesellschaft*, 1922). Voir aussi *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 916.

(2) Voir la démonstration de Painlevé (*Acta Mathematica*, 27, 1903, p. 1-54).

celles de ces fonctions qui sont algébriquement indépendantes, et les r variables étant des combinaisons linéaires des v_i.

J'ai résolu le problème dans le cas général, en le rattachant aussi au théorème de Weierstrass, mais par une méthode indépendante de celle de M. Myrberg. On trouve encore que *les* Y_i *s'expriment algébriquement au moyen d'un corps de fonctions abéliennes des r variables*

$$\sum_{i=1}^{i=p} \beta_{ji} v_i \qquad (j=1, \ldots, r;\ \beta_{ji} = \text{const.});$$

les Z_i *s'expriment algébriquement au moyen du même corps, avec les r variables* $\sum_{i=1}^{i=p} \beta_{ji} w_i$ *(et les mêmes coefficients* β_{ji}*)* [1]. Pour le démontrer, on peut supposer $r = n - p$ et $X_1, \ldots, X_{m-p}$ algébriquement indépendants; à tout couple de points de l'espace $(X_1, \ldots, X_{m-p})$ les équations $F_1 = \ldots = F_r = 0$ font alors correspondre une transformation algébrique de l'espace $Z_1, \ldots, Z_r$), et l'on démontre que ces transformations forment un groupe abélien transitif.

CINÉMATIQUE. — *Sur la possibilité de trancher expérimentalement le différend entre la cinématique classique et la cinématique relativiste.* Note [2] de M. **Alexandre Dufour**.

M. Prunier [3] a signalé un désaccord entre les prévisions de la théorie classique et celles de la théorie relativiste en ce qui concerne la cinématique des mouvements de particules circulant en sens inverses avec une égale vitesse sur une piste circulaire portée par un plateau de Sagnac en rotation. M. Langevin [4] a confirmé ce désaccord théorique. La présente Note a pour but de montrer qu'il ne paraît pas impossible de trancher expérimentalement, avec un dispositif mécanique, le différend qui sépare les deux théories.

Dans la figure 1 les deux mobiles sont deux trous fins, visibles dans la

(1) L'essentiel du théorème énoncé à la fin de ma précédente Note résulte des numéros 1 et 2 de la présente.

(2) Séance du 4 mars 1935.

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 46.

(4) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 48.

partie gauche du dessin, percés dans les disques AA' à une même distance du centre, tandis que, dans la figure 2, ces deux mobiles sont constitués par les glaces GG' dont le rôle sera précisé plus loin.

Pour le reste, les deux figures sont identiques, à quelques détails près : les disques AA' porteurs des mobiles sont garnis chacun de roues dentées

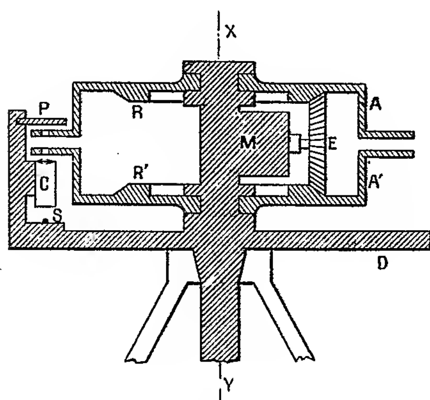


Fig. 1.

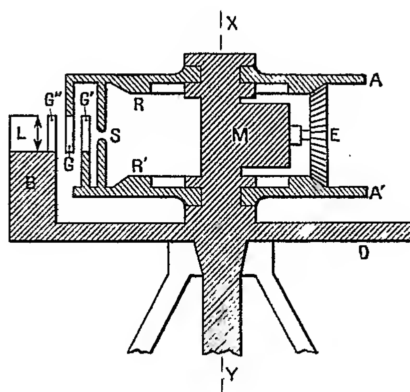


Fig. 2.

identiques RR' circulaires et d'axe XY, engrenant avec un pignon denté E commandé par un moteur M solidaire du disque de Sagnac D. Le pignon denté E, circulaire et centré sur l'arbre du moteur M, détermine la circulation en sens inverses et avec la même vitesse par rapport au disque de Sagnac D, des deux mobiles, quand le moteur M est mis en action. Toute la partie mécanique est supposée faite en matière rigide, par exemple en acier. Les roues RR' ont un nombre de dents multiple entier de celui du pignon E.

Pour rester dans des conditions expérimentales faciles à réaliser, supposons que le rayon de la piste circulaire soit égal à 40^{cm}, que les disques AA tournent à raison de 15 tours seulement à la seconde, le disque D n'effectuant que 10 tours par seconde.

Dans la figure 1, le procédé de détection du point de croisement des mobiles est purement théorique : un faisceau lumineux étroit produit par l'ensemble, source S et collimateur C, traverse lors de leur croisement les trous servant de mobiles et vient impressionner une plaque photographique P solidaire du plateau D. La conception classique prévoit que le point d'impact sur la plaque P restera éternellement le même durant la rotation du système. Au contraire, la conception relativiste prévoit que la

plaque P enregistrera une traînée de points d'impact croissante avec la durée de l'expérience. Pour les vitesses de rotation choisies plus haut, le calcul montre que l'allongement de cette traînée serait de $2^{mm},1$ tous les 100 ans.

La figure 2 précise la méthode expérimentale envisagée ici pour constater un si faible déplacement. En face des glaces mobiles GG′ se trouve, au départ, une troisième glace G″ fixée au socle B solidaire du disque de Sagnac D. L'appareil est réglé de manière qu'à la mise en route, l'ensemble GG′ constitue un étalon à lames semi-argentées réglé pour donner des franges à l'infini; de même à cet instant l'ensemble G″G constitue un autre étalon interférentiel réglé pour donner des franges à l'infini, mais légèrement incliné sur le précédent. Dans ces conditions l'ensemble des deux étalons fournira des franges de superposition localisées à l'infini, qui seront visibles en lumière blanche émise ici par la source intermittente schématique S; ces franges pourront être photographiées dans l'appareil L solidaire du disque D et pointé sur l'infini.

Dans la conception classique, la mise en rotation des disques A, A′ et D, ne devra pas modifier la visibilité des franges de superposition précédentes, puisqu'à chaque révolution des disques AA′, les deux étalons seront simultanément rétablis dans leurs réglages initiaux.

Dans la conception relativiste, la mise en rotation des disques A, A′ et D, devra provoquer une diminution de visibilité des franges de superposition, *diminution croissante avec la durée de l'expérience*. En effet, s'il est bien vrai qu'au point de croisement des mobiles GG′ l'étalon GG′ sera bien reconstitué réglé à chaque tour, au contraire, l'étalon initial G″G ne se trouvera plus jamais reconstitué réglé *au même instant* que le précédent, et les franges de superposition, qui sont localisées à l'infini, deviendront de plus en plus floues à mesure que l'expérience se prolongera. Si l'on suppose que le diamètre du faisceau lumineux utile pour les étalons atteigne par exemple 20^{mm}, la disparition des franges de superposition devrait être complète au bout d'une durée d'expérience égale à environ 2 mois et demi pour les valeurs de vitesses choisies ci-dessus, et se réduisant à une huitaine de jours si les vitesses de rotation sont triples des précédentes. A l'arrêt de l'appareil, les franges de superposition, disparues durant la rotation, devront réapparaître nettes, spontanément, dès que les disques AA′ se retrouveront dans leurs positions de départ.

La force centrifuge, l'usure des dents si elle est régulière, la tempéra-

ture si elle est uniforme, seront sans influence sur les résultats expérimentaux fournis par l'appareil, qu'il s'agisse de la conception classique ou de la conception relativiste.

L'expérience, certes très délicate, nécessitera un appareillage mécanique de très haute précision, mais elle ne paraît pas impossible à réaliser et mérite d'être tentée. Elle présente, en effet, la caractéristique intéressante *de ne pas faire intervenir la propagation de la lumière* comme base expérimentale du critérium envisagé.

MÉCANIQUE. — *L'effet du frottement de pivotement sur le choc de corps élastiques.* Note de M. Z. **Horak**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Autant que je sache, on n'a envisagé jusqu'ici, dans la théorie du choc, que l'action du frottement de glissement, en négligeant le frottement de roulement et pivotement. En réalité le frottement de roulement n'exerce pas d'effets sensibles, mais celui de pivotement n'est pas toujours négligeable et il peut même changer essentiellement l'allure du choc. Pour se rendre compte de cet effet, imaginons des corps dits parfaitement rugueux pour lesquels les frottements de glissement et de pivotement sont assez grands pour éviter le glissement et le pivotement relatif, au moment du choc, dans tous les cas pris en considération. Lorsque nos corps sont en outre (imparfaitement) élastiques, les suppositions ci-dessus entraînent des liaisons non persistantes n'ayant lieu qu'au moment du choc. Dans la présente Note, je me propose de signaler que la théorie générale du choc, que j'ai établie dans mes travaux antérieurs (¹), s'applique encore au cas envisagé plus haut, et que le résultat essentiel fourni par cette théorie peut être vérifié aisément par une expérience.

Dans le cas du choc de deux sphères S, S′, imparfaitement élastiques et parfaitement rugueuses, dont les densités ne dépendent que de la distance à leurs centres, ma théorie conduit, par un procédé analogue à celui indiqué

(¹) *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 226-228; *Journal de l'École Polytechnique*, Paris, 2ᵉ série, **28**, 1931, p. 15-64.

au n° 10 du second travail que je viens de citer, aux équations suivantes :

$$(1)\quad mu_1 + m'u'_1 = mu_0 + m'u'_0,$$
$$(2)\quad mv_1 + m'v'_1 = mv_0 + m'v'_0,$$
$$(3)\quad mw_1 + m'w'_1 = mw_0 + m'w'_0,$$
$$(4)\quad mk^2 r_1 + m'k'^2 r'_1 = mk^2 r_0 + m'k'^2 r'_0;$$
$$(5)\quad k^2 p_1 - av_1 = k^2 p_0 - av_0,$$
$$(6)\quad k'^2 p'_1 - a'v'_1 = k'^2 p'_0 - a'v'_0,$$
$$(7)\quad k^2 q_1 + au_1 = k^2 q_0 + au_0,$$
$$(8)\quad k'^2 q'_1 + a'u'_1 = k'^2 q'_0 + a'u'_0;$$
$$(9)\quad u_1 - aq_1 - u'_1 + a'q'_1 = -f(u_0 - aq_0 - u'_0 - a'q'_0),$$
$$(10)\quad v_1 + ap_1 - v'_1 - a'p'_1 = -f(v_0 + ap_0 - v'_0 - a'p'_0);$$
$$(11)\quad w_1 - w'_1 = -e(w_0 - w'_0),$$
$$(12)\quad r_1 - r'_1 = -g(r_0 - r'_0).$$

Je désigne par a, m, k le rayon, la masse et le rayon de giration de S, par u, v, w; p, q, r les composantes de la vitesse absolue de son centre et celles de la vitesse de rotation relatives au système rectangulaire dont l'origine se confond avec le point de contact des deux sphères, l'axe z passant par leurs centres. Les a', ..., r' sont les mêmes quantités relatives à S' et les indices 0 et 1 désignent les vitesses avant et après le choc. Enfin, les e, f, g, dont les valeurs sont comprises entre 0 et 1, sont les trois coefficients de restitution, correspondant aux trois déformations que les sphères éprouvent pendant le choc.

Pour montrer que nos équations correspondent à la réalité, considérons le cas particulier d'une sphère heurtant verticalement un plan horizontal fixe. Si la sphère tourne, avant le choc, autour de son diamètre vertical et si sa surface est assez rugeuse pour éviter le pivotement pendant le choc, on aura

$$m' = \infty, \qquad w_0 \neq 0, \qquad r_0 \neq 0,$$

toutes les autres composantes u_0, v_0, p_0, q_0; u'_0, ..., r'_0 s'annulant, de sorte que l'on tire de (1), ..., (12)

$$u_1 = v_1 = p_1 = q_1 = u'_1 = \ldots r'_1 = 0,$$
$$w_1 = -ew_0, \qquad r_1 = -gr_0.$$

Donc la sphère, après avoir rebondi, *tourne en sens inverse* et il est facile de confirmer ce résultat théorique par une expérience simple faite sur une

balle en gomme élastique heurtant une plaque de bois. Lorsqu'on choisit une hauteur de chute suffisante, on observe très nettement que la rotation après le choc est de sens *contraire* à celle dont la balle était animée avant le choc.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Les fluides visqueux et les ondes propageables.* Note de M. **Simon De Backer**, présentée par M. Henri Villat.

1. Considérons un fluide visqueux S défini par le système suivant :

$$(S)\begin{cases} (1) & \rho\dfrac{du^{\mu}}{dt}=\rho X^{\mu}-\sum_{\nu}\dfrac{\partial T^{\mu\nu}}{\partial x^{\nu}} \quad (\mu,\nu=1,2,3) \quad (3 \text{ équations}); \\ (2) & \dfrac{d\rho}{dt}+\rho\sum_{\nu}\dfrac{\partial u^{\nu}}{\partial x^{\nu}}=0 \quad (1 \text{ équation}); \\ (3) & \sum_{\lambda}\dfrac{\partial}{\partial x^{\lambda}}\left[A\dfrac{\partial}{\partial x^{\lambda}}(BT^{\mu\nu})\right]=F_{(\mu\nu)}\left(\varphi\left|\dfrac{\partial\varphi}{\partial x}\right.\right) \quad (\lambda=1,2,3) \quad (6 \text{ équations}). \end{cases}$$

Notations. — ρ est la densité; u^{μ} sont les composantes de la vitesse; $T^{\mu\nu}$ les composantes du tenseur symétrique de Cauchy; X^{μ} les composantes de la résultante des forces extérieures; A est une fonction donnée de ρ et de $p^{\star}\equiv\frac{1}{3}\sum_{\mu}T^{\mu\mu}$; B une fonction donnée de ρ.

Nous représentons par φ les 10 *variables dépendantes*

$$\rho,\quad u^1,\quad u^2,\quad u^3,\quad T^{11},\quad T^{22},\quad T^{33},\quad T^{12},\quad T^{13},\quad T^{23};$$

et par x les 4 *variables indépendantes*

$$x^1,\quad x^2,\quad x^3,\quad t;$$

$F_{(\mu\nu)}$ est une fonction symétrique pour les indices μ et ν, analytique pour les variables φ et $\partial\varphi/\partial x$.

2. M. G. Lampariello ([1]) a démontré que les fluides visqueux obéissant aux équations classiques de Stokes ne peuvent présenter d'ondes propageables réelles au sens de M. Hadamard ([2]).

([1]) *Atti d. R. Acc. N. d. Lincei*, **13**, 9, 1931, p. 688.

([2]) *Leçons sur la propagation des ondes et les équations de l'Hydrodynamique*, Paris, 1903.

En suivant la méthode indiquée par M. Lampariello, nous pouvons démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Dans un fluide visqueux* S, *il y a des ondes propageables au sens de M. Hadamard. Ces ondes sont d'un ordre* $n \geqq 3$. *De plus, lorsque la viscosité du fluide* S *tend vers zéro, c'est-à-dire lorsque le tenseur* $T^{\mu\nu}$ *tend vers* $\mathfrak{T}^{\mu\nu}$, *tel que*

$$\mathfrak{T}^{\mu\mu} = p^* \equiv \frac{1}{3} \sum_{\mu} T^{\mu\mu}, \qquad \mathfrak{T}^{\mu\nu} = 0 \quad \text{pour} \quad \mu \neq \nu,$$

la vitesse G *de propagation de l'onde, rapportée à l'état actuel du fluide, tend vers la valeur*

$$\sqrt{-\frac{B' p^*}{B}}.$$

3. Pour démontrer ce théorème, appliquons aux variables x la transformation générale ponctuelle

$$(4) \qquad \begin{cases} Z = Z(x^1, x^2, x^3, t), \\ Z_1 = Z_1(x^1, x^2, x^3, t), \\ Z_2 = Z_2(x^1, x^2, x^3, t), \\ Z_3 = Z_3(x^1, x^2, x^3, t). \end{cases}$$

Posons

$$p_\lambda \equiv \frac{\partial Z}{\partial x^\lambda}.$$

Le système S transformé pourra se mettre sous la forme normale, par rapport à la nouvelle variable Z, si le déterminant

$$(5) \qquad \partial \equiv \rho^3 A^6 \left(\frac{dZ}{dt}\right)^6 \left[\sum_\lambda (p_\lambda)^2\right]^6 \begin{vmatrix} 1 & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & p_1 & p_2 & p_3 & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & 1 & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & p_1 & \cdot\cdot & p_2 & p_3 & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & 1 & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & p_1 & \cdot\cdot & p_2 & p_3 \\ p_1 & p_2 & p_3 & \left(\frac{dZ}{dt}\right)^2 & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & B'T^{11} & B & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & B'T^{12} & \cdot\cdot & B & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & B'T^{13} & \cdot\cdot & \cdot\cdot & B & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & B'T^{22} & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & B & \cdot\cdot & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & B'T^{23} & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & B & \cdot\cdot \\ \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & B'T^{33} & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & \cdot\cdot & B \end{vmatrix}$$

est différent de zéro. On a

$$(5') \qquad \partial = \rho^3 A^6 B^6 \left(\frac{dZ}{dt}\right)^6 \left[\sum_\lambda (p_\lambda)^2\right]^6 \left[\left(\frac{dZ}{dt}\right)^2 + \frac{B'(\rho)}{B(\rho)} \sum_\mu \sum_\nu T^{\mu\nu} p_\mu p_\nu\right].$$

L'hypersurface $Z(x^1, x^2, x^3, t) = 0$ représente une onde si la condition $\delta = 0$ est remplie sur cette hypersurface.

L'équation aux dérivées partielles des ondes propageables est alors

$$\left(\frac{dZ}{dt}\right)^2 + \frac{B'(\rho)}{B(\rho)} \sum_\mu \sum_\nu T^{\mu\nu} p_\mu p_\nu = 0, \tag{6}$$

et la vitesse de propagation de l'onde, rapportée à l'état actuel du fluide, est donnée par la relation

$$G = \sqrt{\frac{-B' \sum_\mu \sum_\nu T^{\mu\nu} p_\mu p_\nu}{B \sum_\lambda p_\lambda p_\lambda}}. \tag{7}$$

Lorsque la viscosité tend vers zéro, G tend vers

$$G_0 = \sqrt{-\frac{B' p^2}{B}}.$$

En particulier si $B(\rho) = \rho^{-1}$, nous retrouvons la formule de la propagation du son de Newton.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur les étoiles variables de la grande nébuleuse d'Orion.* Note (¹) de M. **Antoine Brun**, présentée par M. Ernest Esclangon.

103 étoiles variables ont déjà été cataloguées à l'intérieur et au voisinage de la grande nébuleuse d'Orion, sur une surface céleste couvrant environ 3° carrés.

Pour faciliter l'étude de cette région, j'en ai dressé une carte détaillée, qui sera publiée dans un autre Recueil, où figurent toutes les étoiles jusqu'à la 16ᵉ magnitude, et jusqu'à la 17ᵉ pour les régions centrales des nébuleuses M 42, M 43 et N. G. C. 1977. Parmi les documents utilisés, citons la *Carte photographique internationale* et le *Catalogue de la Carte photographique du Ciel* (zone de San-Fernando), la carte Wolf-Palisa n° 67, la photographique n° 26 de l'*Atlas of Stars, Star-Clusters and Nebulae*, de I. Roberts, une photographie obtenue au réfracteur Bruce, mise à notre disposition par l'Obser-

(¹) Séance du 4 mars 1934.

vatoire d'Harvard College, et surtout quatre excellentes photographies prises par M. de Kerolyr au télescope de $0^m,80$ de la Station d'Astrophysique de l'Observatoire de Paris, en Haute-Provence. J'ai procédé, d'autre part, au cours des années 1933 et 1934, à une étude directe du ciel avec un réfracteur de 160^{mm}.

Au cours de ce travail, j'ai pu établir la variabilité certaine de 10 nouvelles étoiles. Je n'ai considéré comme variables authentiques que celles dont l'amplitude atteint, sans aucun doute, 0,5 magnitude. La liste de ces étoiles est donnée dans le tableau ci-dessous, où figurent successivement le numéro de l'étoile sur ma carte, le numéro du Catalogue de Bond, sa position pour l'équinoxe 1900,0, enfin son amplitude d'après les maxima et minima observés. L'amplitude réelle est probablement bien supérieure.

Numéro d'ordre.	Bond.	$\alpha_{1900,0}$.	$\delta_{1900,0}$.	Max.	Min.
524........	–	$5^h.30^m.13^s$	$-5^\circ.41',1$	14,0	15,0
626........	650	30.24	−5.20,4	13,1	14,5
712........	–	30.32	−5.49,5	14,8	15,5
842........	–	30.49	−4.52,0	14,0	15,0
889........	826	30.58	−5.29,3	12,9	15,0
894........	–	30.58	−5.16,6	14,2	15,5
930........	–	31. 8	−5.27,2	15,5	16,2
949........	879	31.11	−4.18,6	13,9	16,5
1044........	944	32. 3	−5. 7,3	13,9	16,0

Presque toutes les variables de cette région sont localisées étroitement dans une aire grossièrement rectangulaire s'étendant sur : 1° en ascension droite, et 2° en déclinaison : dans cet espace, il y a en moyenne une étoile variable sur 12. Les recherches faites en dehors de cette aire, mais dans son voisinage immédiat, ont donné des résultats à peu près négatifs : une variable en moyenne sur 1000 étoiles examinées.

Ces variables paraissent donc bien associées aux nébuleuses M42, M43 et N. G. C. 1977. On admet généralement que la nébuleuse d'Orion est située à une distance de l'ordre de 200 parsecs. Si les variables sont, comme il est probable, incorporées dans les nébulosités et non situées au delà, il est facile de calculer leurs magnitudes absolues à partir de leurs magnitudes apparentes. Celles-ci sont, pour la plupart, comprises entre $13^M,5$ et $15^M,5$ au voisinage du maximum. Il s'ensuit que les magnitudes absolues sont comprises entre + 7,0 et + 9,0 environ. Ces variables, rougeâtres, d'après leurs indices de couleur, seraient donc des *naines*, contrairement à la presque totalité des variables des autres régions du ciel.

On n'a encore que bien peu de renseignements sur la nature de leurs variations. Les études faites à Harvard College semblent indiquer que la plupart d'entre elles ont des variations irrégulières, souvent brusques. Certains pourraient s'apparenter aux étoiles du type *U. Geminorum*, d'autres à celles du type *R. Coronæ borealis*.

Il serait très important de déterminer leurs courbes de lumière sur des photographies prises à intervalles assez rapprochés pendant 2 ans au moins. Il serait aussi intéressant de rechercher si d'autres nébuleuses irrégulières renferment des variables analogues à celles de M.42 (1).

Un tel programme ne peut être exécuté que par un établissement pourvu d'un grand réflecteur moderne.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Production des fils et des tourbillons dans les liquides nématiques*. Note de M. **Victor Naggiar**, présentée par M. Paul Langevin.

G. Friedel (2) a décrit une expérience très intéressante où, établissant un champ électrique dans un liquide nématique, il observa des fils s'orientant assez exactement suivant les lignes de force du champ. F. Grandjean (3) a montré que l'aspect des fils s'interprète en supposant que ces lignes sont des axes d'enroulement de la structure moléculaire. De là l'hypothèse de G. Friedel (2), suivant laquelle les axes optiques des molécules s'orienteraient normalement au champ électrique et auraient ainsi tendance à former des fils nématiques.

Nous avons étudié systématiquement ce phénomène, et nos expériences nous ont montré que les fils ne sont pas un effet direct du champ électrique mais *un effet secondaire* dû aux courants de convection tourbillonnaires créés par le champ dans le liquide toujours faiblement conducteur. Grandjean (3) avait d'ailleurs remarqué que les fils se forment par agitation du liquide et disparaissent dès que cesse cette agitation.

Les fils, très nets dans un champ électrique continu ou alternatif de fréquence 50 p/s sous 200 à 300 V/cm, disparaissent progressivement quand la

(1) Les recherches faites à la station australe d'Harvard College sur les nébulosités entourant η Carinæ, ont conduit à un résultat négatif. Par contre, plusieurs variables ont été trouvées dans les nébuleuses M.8 et M.20.

(2) *Ann. Phys.*, 18, 1922, p. 273.

(3) *Bull. Soc. Minéralogie*, 42, 1919, p. 42.

fréquence du champ alternatif augmente. En particulier, sous 750 V/cm, vers 4000 p/s, on n'observe déjà aucun fil ni aucune agitation dans le liquide, alors que ce même champ redressé montre de nombreux fils en mouvement et des courants de convection très violents. Les particules chargées qui se déplacent dans le champ électrique n'ont plus, à ces fréquences, une quantité de mouvement suffisante pour amorcer le phénomène.

Voici deux types d'expériences qui font ressortir davantage la connexion entre tourbillons et fils nématiques.

A. Sur une platine chauffante verticale est fixée une cuve contenant le liquide nématique sous une épaisseur de $1^{mm},5$ entre la lame de verre en contact avec la platine et un couvre-objet plus froid. Le flux de chaleur se propage normalement à la lame liquide. L'observation se fait par transmission de la lumière au moyen d'un microscope disposé horizontalement. On peut voir, grâce à quelques impuretés, le liquide en mouvement ascendant dans le fond de la cuve et descendant sur la partie plus froide. Les fils nématiques dessinent de larges tourbillons allongés suivant la verticale. En appliquant un champ électrique horizontal de 500 V/cm parallèle au plan de la lame liquide, les fils se mettent en accordéon avant de dessiner de nouveaux tourbillons allongés suivant la direction du champ. En diminuant l'intensité du champ électrique on peut obtenir toutes les transitions entre ces deux aspects.

B. Sur une platine chauffante horizontale, on observe au microscope polarisant, soit par transmission, soit par réflexion de la lumière, des couches de *p*-azoxyanisol à l'état nématique; la surface supérieure est libre, sans couvre-objet, et l'épaisseur varie de $0^{mm},2$ à 1^{mm}. On obtient ainsi des tourbillons cellulaires de Bénard [1] extrêmement nets. Les cellules se forment progressivement et s'ordonnent en une structure hexagonale. En régime permanent, on observe dans chaque cellule trois régions :

1° Une région centrale de révolution dont l'aspect en lumière polarisée paraît déceler une orientation des axes optiques rayonnant à partir de l'axe de la cellule. C'est dans cette région que s'amorce le passage à l'état isotrope.

2° Une région annulaire où se trouve un enchevêtrement de fils nématiques en mouvement tourbillonnaire violent.

3° Une zone extérieure où n'apparaissent que rarement des fils et qui est limitée par une surface à section hexagonale.

---

(1) *Ann. Chimie et Phys.*, 23, 1901, p. 62.

Si, au contraire, entre deux lames de verre, on prend des précautions pour éviter tout gradient de température, on obtient dans tout le liquide une orientation complète des axes optiques normale à la surface des verres. Nous avons ainsi observé les anneaux de polarisation en lumière convergente pour une épaisseur de liquide de $0^{mm},6$.

Ces expériences nous semblent mettre nettement en évidence la liaison intime entre fils et tourbillons dans les liquides nématiques. Cependant, il reste encore à préciser les conditions exactes de formation, de stabilité et de disparition des fils. D'un ensemble d'observations difficile à résumer il résulte que si les fils naissent en général dans les régions où le gradient de la vitesse est grand, l'orientation des molécules n'est pas due uniquement au glissement des couches liquides les unes sur les autres. Les interactions moléculaires interviennent dans ce phénomène pour le stabiliser. Les fils ont une individualité évidente; ils ne disparaissent qu'en se résorbant en eux-mêmes ou sur la surface libre; ils sont quelquefois accrochés en des points précis de la surface du verre; les mouvements du liquide les déforment, mais on les retrouve toujours dans la même région.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur l'applicabilité du principe de conservation du moment de quantité de mouvement aux processus nucléaires.* Note de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. Paul Langevin.

Le principe de conservation du moment de quantité de mouvement pour les systèmes fermés a été appliqué ces derniers temps (1) à la prédiction des réactions de désintégration nucléaires provoquées. Nous voudrions à ce sujet envisager l'influence des processus de radiation qui accompagnent nécessairement le choc, suivant la théorie électromagnétique classique. On a envisagé, en général, dans les cas étudiés, des réactions où l'émission de lumière ne joue pas de rôle sensible dans le bilan d'énergie-quantité de mouvement, mais ceci n'exclut nullement sa participation au bilan de moment de quantité de mouvement. Cette dernière grandeur en effet n'offre pas de relation simple avec les deux premières.

Tout d'abord nous voyons que, si les deux particules ont même charge spécifique, le rayonnement disparaît, au moins sous forme dipolaire. On

(1) Raether, *Naturwiss.*, 22, 1934, p. 151; Lochte et Holtgreven, *Naturwiss.*, 22, 1934, p. 418; M. Goldhaber, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 30, 1934, p. 561.

s'assure d'ailleurs facilement que le rayonnement quadripolaire est extrêmement peu probable. C'est le cas par exemple des chocs deuton-hélion, des chocs d'hélions ou de deutons sur les éléments légers. Au contraire, dans les chocs protons-deutons, protons-éléments légers, l'effet d'entraînement équivaut à réduire à la moitié de sa valeur la charge spécifique du proton. Dans ce qui suit, nous ne nous occuperons que de ce dernier cas; en appelant M la masse du proton, e sa charge, v la vitesse relative des deux particules, c la vitesse de la lumière, h la constante de Planck, la mécanique quantique nous montre ([1]) que la section efficace pour l'émission d'une radiation de fréquence comprise entre ν et $\nu + d\nu$ est :

$$(1) \qquad \frac{8\pi^2}{3\sqrt{3}}\,\frac{e^4}{M^2v^2c^3}\,e^{\frac{2\pi Ze^2}{\hbar v}\left(1-\sqrt{\frac{\nu_m}{\nu_m-\nu}}\right)}\,d\nu,$$

où ν_m est la fréquence maxima qui puisse être émise, soit

$$\frac{1}{2}\,\frac{m_1m_2}{m_1+m_2}\,\frac{v^2}{h}$$

(m_1 et m_2 étant les masses des deux particules). Par suite la probabilité totale d'émission d'un photon de fréquence comprise entre $a\nu_m$ et ν_m ($a \ll 1$) est donnée par

$$(2) \qquad \sigma = \frac{2}{3\sqrt{3}}\,\frac{e^4}{ZM^2c^3v}\,\frac{e^{-\pi\frac{Ze^2}{\hbar v}a}}{a}.$$

D'autre part une partie importante de ce rayonnement de freinage est polarisée de manière rectiligne et par suite n'intervient pas dans les échanges de moment de quantité de mouvement. On voit aisément que dans le cas qui nous occupe, le coefficient de dépolarisation par lequel il nous faut multiplier (2) ne dépend que de $Ze^2/\hbar v = cZ/137v$ et que, pour les vitesses usuelles, ceci nous donne un coefficient de dépolarisation compris entre $1/5$ et $1/4$. Finalement, la section efficace cherchée devient

$$(3) \qquad \sigma_1 = \frac{1}{6\sqrt{3}Z}\left(\frac{e^2}{Mc^2}\right)^2\frac{c}{v}\,\frac{e^{-\frac{\pi Ze^2}{\hbar v}a}}{a}.$$

Pour $Z = 5$ (Bore), $c/v = 100$, on obtient $\sigma_1 = 0,5.10^{-31}/a\,\text{cm}^2$. Si a est

---

([1]) H. A. KRAMERS, *Phil. Mag.*, 46, 1923, p. 836; A. SOMMERFELD, *Ann. Phys.*, 11, 1934, p. 257; O. SCHERZER, *Ann. Phys.*, 13, 1932, p. 137.

de l'ordre de 10^{-4} ou 10^{-5}, σ_1 est de l'ordre de grandeur des sections efficaces de désintégration des éléments légers par les protons.

Une dernière remarque s'impose. On dit souvent qu'à l'émission de lumière par un système électrisé est associée une variation de moment de quantité de mouvement $\pm \hbar$. Dans le cas du rayonnement de freinage, une telle prédiction est évidemment impossible, de sorte que dans les processus nucléaires envisagés ici, le seul fait de la possibilité d'émission du rayonnement électromagnétique de freinage empêche toute conclusion sur le caractère entier ou demi-entier des moments de quantité de mouvement des particules qui y entrent en jeu.

ÉLECTROCHIMIE. — *La constitution de la couche double et l'allure de la courbe de potentiel dans la neutralisation électrolytique des ions métalliques.* Note de M. **N. Thon**, présentée par M. Georges Urbain.

I. Les courbes de potentiel observées dans le dépôt cathodique des métaux ont fait, à plusieurs reprises, l'objet de tentatives d'interprétation. Brandes (1) exprime la variation du potentiel d'électrode ε, en fonction du temps t, par l'équation

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{C}(i - i'), \tag{1}$$

où C est la capacité d'électrode, i l'intensité de courant (constante), i' l'intensité de dépolarisation par neutralisation d'ions (courant faradique). En posant $i' = \text{const.}\,\varepsilon$, on obtient une relation linéaire entre l'intensité de courant et le potentiel stationnaire. A l'aide de cette relation, Erdey-Grùz et Volmer (2) ont cru pouvoir représenter les courbes expérimentales. En fait elle n'est applicable qu'aux parties initiales des courbes, aux intensités les plus basses. Les courbes de potentiel du zinc et du nickel s'écartent de la linéarité presque dès le début (2).

Si, en étendant aux métaux la loi établie pour la surtension de l'hydrogène (3), on pose $i' = ae^{b\varepsilon}$ (a, b constantes), on obtient une courbe loga-

(1) *Z. physik. Chem.* (A), **142**, 1929, p. 97.

(2) *Z. physik. Chem.* (A), 157, 1932, p. 165.

(3) Erdey-Grùz et Volmer, *Z. physik. Chem.* (A), 150, 1930, p. 203; Gurney et Fowler, *Proc. Roy. Soc.* (A), 136, 1932, p. 378; Gurney, *Proc. Roy. Soc.* (A), 134, 1932, p. 137; Volmer, *Sov. Physik.*, 4, 1933, p. 346.

rithmique, valable bien entendu au-dessus d'une certaine valeur de l'intensité de courant et confirmée pour les métaux du groupe du fer (1).

II. Pour rechercher une équation qui permettrait de représenter la *totalité* de la courbe de potentiel, nous partons du modèle de l'électrode établi précédemment (2) à partir de mesures de dispersion de la capacité apparente (3). L'électrode étant un assemblage parallèle d'une conductibilité ohmique et d'une capacité, nous admettons que la dépolarisation peut se faire par deux voies : passage direct d'ions au métal aux points conducteurs de l'électrode et fuite de charges accumulées dans la partie capacitive de la couche double. L'intensité de courant de dépolarisation par la première voie est évidemment proportionnelle à la différence de potentiel ε entre la solution et l'électrode (loi d'Ohm). La conductibilité de fuite du condensateur ionique doit s'exprimer par une loi analogue à celle qui régit la conductibilité électrique $\varkappa$ des corps diélectriques. D'après Poole (4) on a dans ce cas $\varkappa = ae^{bF}$, F étant l'intensité du champ. Cette loi est valable aux intensités de champ élevées, condition indubitablement remplie à l'électrode, en raison de la faible épaisseur de la couche double.

On est ainsi amené à poser

$$i' = A\varepsilon + B\varepsilon e^{k\varepsilon} \tag{2}$$

et, en régime permanent,

$$i = A\varepsilon_\infty + B\varepsilon_\infty e^{k\varepsilon_\infty}, \tag{3}$$

ε_∞ désignant le potentiel stationnaire.

III. Cette équation conduit avec des valeurs appropriées des constantes A, B, k, à des courbes conformes à celles qu'on observe expérimentalement. La courbe i en fonction de ε_∞ débute, aux faibles polarisations, par une branche pratiquement linéaire faiblement inclinée par rapport à l'axe des ε_∞, pour s'incurver ensuite vers l'axe des i et reprendre, aux intensités de courant élevées, une allure quasi-rectiligne, avec une pente plus accusée, approchant dans certains cas de la normale. Aux basses intensités de courant, il y a prédominance de la conduction ohmique. La neutralisation

(1) Cf. *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1312.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1681.

(3) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1220.

(4) *Phil. Mag.*, **32**, 1916, p. 112; **34**, 1917, p. 195; **42**, 1921, p. 488.

d'ions accumulés par capacité prend d'autant plus d'importance que la polarisation de l'électrode est plus forte.

IV. Dans certains cas, la courbe de potentiel présente un *palier* d'intensité de courant qui s'intercale entre les deux branches montantes. On peut obtenir l'équation correspondante en tenant compte de la variabilité, en fonction du potentiel, de la répartition de la conductibilité et de la capacité dans la couche double. Dans leur théorie des maxima de courant observés avec la cathode à gouttes de mercure de Heyrovsky, Frumkine et Bruns (¹) font intervenir une *désorption* des ions retenus par capacité, avec une vitesse proportionnelle à $e^{-k'\varepsilon}$, donc décroissant rapidement avec la polarisation croissante. Si la désorption a pour résultat d'augmenter la conductibilité ohmique à l'électrode, on est conduit à poser

$$i = A(1 + B' e^{-k'\varepsilon_x})\varepsilon_x + B\varepsilon_x e^{k\varepsilon_x}. \tag{4}$$

L'hypothèse selon laquelle tout ion désorbé serait remplacé par un ion susceptible de se décharger directement comporte, toutefois, quelque difficulté. Si, par contre, on admet que la désorption d'ions retenus par capacité *s'oppose* à la dépolarisation par neutralisation et si, de plus, on fait l'hypothèse que la probabilité de la désorption, due à l'attraction exercée par les ions de signe contraire restés en excès en solution, *croît* avec la densité de charge de l'électrode, soit, en première approximation, conformément à la loi de Coulomb, on arrive à l'expression

$$i = A\varepsilon_x + B\varepsilon_x e^{k\varepsilon_x} - B''\varepsilon_x^2. \tag{5}$$

Cette équation conduit, suivant les valeurs numériques des constantes, à des courbes à palier ou à maxima d'intensité de courant.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'équilibre thermique des corpuscules élémentaires.* Note de M. G. **Wataghin**, présentée par M. Marcel Brillouin.

On déduit de la théorie des positrons de Dirac que l'équilibre statistique entre la matière et la radiation prend des aspects nouveaux à des températures $T \gtrsim 1/K\, 2mc^2$, parce que à ces températures le nombre des photons ayant une énergie $h\nu > 2mc^2$, et par suite capables de produire des couples

(¹) *Acta Phys. Chim. U. R. S. S.*, 1, 1934, p. 232.

d'électrons, n'est plus négligeable (¹). Il s'ensuit que le nombre des électrons positifs et négatifs, par unité de volume, devient variable avec la température. En outre, les chocs des noyaux avec des neutrons, protons, électrons et photons provoquent des tranformations nucléaires dans lesquelles des corpuscules élémentaires peuvent être émis ou absorbés (ou diffusés).

Nous nous proposons d'examiner dans cette Note quelques-unes des propriétés de cet état d'équilibre, que l'on peut déduire des lois statistiques en admettant quelques propriétés générales des corpuscules élémentaires.

Considérons une région limitée S, par exemple interne à une étoile chaude, où se trouvent des noyaux et des corpuscules élémentaires en équilibre thermique avec la radiation. Admettons la validité des lois de la conservation de la charge, de l'énergie et de l'impulsion, et en outre la validité du principe d'exclusion pour les électrons. Supposons qu'il soit permis, en voie d'approximation, de décrire les états des neutrons et des protons par des fonctions propres antisymétriques, et ceux de quelques autres corpuscules par des fonctions symétriques. Supposons enfin que le nombre total N des corpuscules pesants, neutrons et protons, reste constant, en tenant compte de ceux qui font partie des noyaux.

Dans l'état d'équilibre thermique, chacun des phénomènes de désintégration nucléaire doit être compensé par la transformation inverse de synthèse nucléaire. La même considération vaut pour les processus de création et de destruction des couples. On peut appliquer à ces phénomènes une théorie thermodynamique analogue à celle des équilibres chimiques, et en particulier on en déduit la loi de l'action des masses. Étant donné le nombre N des corpuscules pesants et la température T, l'état d'équilibre reste déterminé par les vitesses des différentes transformations. En particulier, la concentration d'équilibre de chaque espèce de noyau dépend seulement de T et de N.

Nous nous bornons à examiner, à titre d'exemple, le cas simple dans lequel tous les noyaux présents se trouvent décomposés en des protons et des neutrons. Nous admettons aussi que l'interaction entre les électrons et les positrons peut être décrite par un champ convenablement choisi.

Indiquons avec N_s, n_{ps}, n_{es}, n_{1s}, n_{Ps} les nombres des photons, positrons, électrons, neutrons et protons respectivement, qui appartiennent à un intervalle donné $p_s - p_s + dp_s$ de l'impulsion et qui sont contenus dans un

(¹) G. Wataghin, *Phil. Mag*, 7ᵉ série 17, 1934, p. 910.

volume donné V, et considérons l'expression usuelle de la probabilité W d'un état donné de l'ensemble de tous ces corpuscules :

$$(1)\quad W=\prod_s \frac{(g_s+N_s-1)!}{(g_s-1)!\,N_s!}\,\frac{g_s!}{n_{ps}!\,(g_s-n_{ps})!}\,\frac{g_s!}{n_{es}!\,(g_s-n_{es})!}\,\frac{g_s!}{n_{1s}!\,(g_s-n_{1s})!}\,\frac{g_s!}{n_{Ps}(g_s-n_{Ps})!}$$

ou

$$g_s=\frac{8\pi V}{h^3}p^2\,dp.$$

Pour déterminer le maximum de W, nous devons tenir compte des conditions suivantes :

Conservation de la charge,

$$(2)\qquad \sum_s n_{ps}+\sum n_{Ps}-\sum n_{es}=n=\text{const.};$$

Conservation de l'énergie,

$$(3)\qquad \sum_s N_s h\nu_s+\sum_s n_{ps}E_{ps}+\sum_s n_{es}E_{es}+\ldots+\mathcal{E}=E=\text{const.},$$

où $\mathcal{E}$ indique l'énergie de l'interaction entre les corpuscules;

Conservation du nombre total des corpuscules pesants (neutrons et protons),

$$(4)\qquad \sum_s n_{1s}+\sum_s n_{Ps}=N=\text{const.}$$

En supposant négligeable l'interaction $\mathcal{E}$ dans (3) et en calculant, par la méthode bien connue, le maximum de

$$\log W-\alpha.n-\beta.E-\gamma.N,$$

on obtient des équations du type suivant :

$$\frac{\partial\log W}{\partial n_{ps}}=\log\frac{g_s-n_{ps}}{n_{ps}}=\alpha+\beta E_{ps},\qquad \ldots.$$

Par suite

$$(5)\qquad \begin{cases} N_s=\dfrac{gs}{e^{\frac{h\nu}{kT}}-1}, & n_{ps}=\dfrac{gs}{e^{\alpha+\beta E_{ps}}+1}, \qquad n_{es}=\dfrac{gs}{e^{-\alpha+\beta E_{es}}+1},\\[2ex] n_{Ps}=\dfrac{gs}{e^{\alpha+\gamma+\beta E_{Ps}}+1}, & n_{1s}=\dfrac{gs}{e^{\gamma+\beta E_{1s}}+1}\qquad \left(\beta=\dfrac{1}{kT}\right). \end{cases}$$

Les constantes α, γ peuvent être déterminées quand on connaît les

probabilités des différents processus élémentaires. On déduit des (5) que, dans le cas limite $E_{ps} \rightarrow \infty$, $E_{es} \rightarrow \infty$, etc., la loi de distribution spectrale de l'énergie devient maxwellienne pour chaque espèce de corpuscules élémentaires.

Dans une Note précédente (*loc. cit.*), nous avons envisagé l'hypothèse que l'origine des rayons cosmiques doit être cherchée dans les processus thermiques qui ont lieu à l'intérieur de certaines étoiles (par exemple stellæ novæ) suffisamment chaudes. La principale difficulté consiste à savoir comment cette radiation peut sortir de l'intérieur de l'étoile. Il nous semble que l'hypothèse des neutrinos pourrait servir à vaincre cette difficulté.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Étude de la susceptibilité magnétique du tétraphénylrubène et de son oxyde dissociable.* Note de M. **Léon Enderlin**, présentée par M. Marcel Delépine.

On sait que l'oxygène des oxydes dissociables de rubènes jouit de la singulière propriété de n'être fixé au reste de la molécule que de façon très lâche puisqu'il se libère sous l'influence d'une élévation relativement faible de la température. On pouvait donc supposer que la molécule d'oxygène était simplement associée à la molécule de rubène, en gardant son individualité et sa forme peu réactive. On avait ainsi l'explication de la scission facile de l'oxyde en ses deux constituants.

Mais la thermochimie [1] avait déjà montré que la formation de l'oxyde dissociable était trop fortement exothermique pour que ce dernier pût être constitué par une simple association moléculaire. J'ai pensé que la magnétochimie pouvait apporter une contribution utile à la solution de ce problème. Si, en effet, l'oxygène de l'oxyde dissociable était simplement associé au rubène, il devait garder, au moins en grande partie, ses propriétés paramagnétiques, et rendre paramagnétique la molécule d'oxyde elle-même.

1° La susceptibilité moléculaire du tétraphénylrubène, mesurée sur la balance magnétique de Curie, a été trouvée égale à $\chi_M = -3440 \cdot 10^{-7}$. Si l'on calcule par la loi d'additivité la susceptibilité découlant de la formule (I), on trouve $\chi_M = -3500 \cdot 10^{-7}$, en admettant les modules de correction polynucléaires de P. Pascal [2]. La différence entre les deux nombres n'est

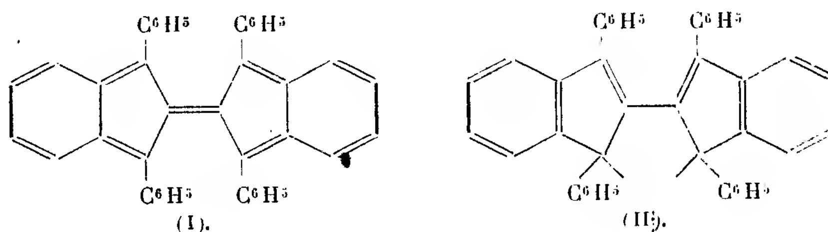
---

(1) Charles Dufraisse et Léon Enderlin, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1321.

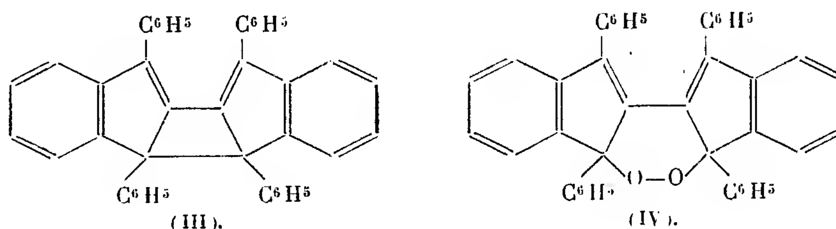
(2) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, **25**, 1912, p. 289.

que de l'ordre de 2 pour 100; c'est là une belle vérification de la loi d'additivité, qui montre que les règles établies par P. Pascal sont valables non seulement pour des corps de forme simple, mais même pour des corps aussi compliqués que les rubènes.

La valeur trouvée pour la susceptibilité moléculaire du tétraphénylrubène montre nettement qu'à l'état solide et dans les conditions ordinaires, le tétraphénylrubène ne possède pas les propriétés d'un biradical (¹) et que la formule (II)



envisagée par Ch. Dufraisse pour expliquer la formation et la dissociation de l'oxyde (²), ne peut correspondre qu'à certains états intermédiaires instables. Si le tétraphénylrubène était un biradical, il aurait deux électrons libres non appariés, qui, d'après les idées de Lewis, confirmées par plusieurs auteurs (³), rendraient la molécule paramagnétique, au moins si leurs spins ne sont pas antiparallèles. Mais, si leurs spins étaient antiparallèles, il pourrait s'établir entre les carbones intéressés une liaison chimique normale et l'on serait alors amené à envisager une nouvelle formule du tétraphénylrubène (III), caractérisée par un cycle tétraméthylénique à très forte tension, instable et, par suite, très apte à s'ouvrir pour redonner transitoirement la forme biradicale (II)



(¹) Ce résultat avait déjà été signalé qualitativement par E. Muller, *Zeitschr. Elektrochem.*, **40**, 1934, p. 542.

(²) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **53**, 1933, p. 789.

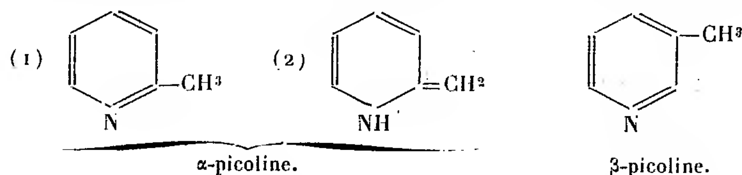
(³) Taylor, *Am. chem. Soc.*, **48**, 1926, p. 854; Simone Allard, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 423 et **199**, 1934, p. 1125.

2° La susceptibilité moléculaire de l'oxyde dissociable a été trouvée égale à $\chi_M = -3525.10^{-7}$, alors que sa valeur théorique, calculée par la loi d'additivité et en se basant sur la formule (IV) proposée par Ch. Dufraisse (*loc. cit.*, p. 789) est de $\chi_M = -3662.10^{-7} + \chi_{O^2}$. La différence entre les deux nombres, soit $+137$ unités, équivaut au module de correction dû à la présence de la molécule d'oxygène. Il est beaucoup trop faible pour qu'on puisse considérer cet oxygène comme de l'oxygène libre; la susceptibilité de ce dernier aurait conféré à la molécule un paramagnétisme de l'ordre de $+30000.10^{-7}$. D'autre part, ce n'est pas non plus de l'oxygène organique tout à fait ordinaire, puisqu'il conserve un paramagnétisme nettement supérieur à celui rencontré jusqu'ici dans les composés organiques (*loc. cit.*, p. 289).

En conséquence, confirmant les données de la thermochimie, les mesures magnétiques tendent à établir que l'oxygène de l'oxyde rubénique dissociable est lié au substrat organique par des valences normales. C'est un nouvel argument en faveur de la formule adoptée pour l'oxyrubène.

SPECTROSCOPIE. — *Isomérie intramoléculaire de l'α-picoline étudiée dans l'infrarouge lointain.* Note (1) de MM. **C. H. Cartwright** et **J. Errera**, présentée par M. G. Urbain.

Nous nous sommes occupés (2) du contrôle de l'existence de cyclisations internes moléculaires par l'étude du spectre d'absorption de liquides dans l'infrarouge proche. Dans ce travail ce seront les mesures d'absorption et de pouvoir réflecteur dans l'infrarouge lointain entre 52 et 152$^{\mu}$ qui serviront à vérifier une tautomérie présumée de l'α-picoline. Nous donnons les deux formules que l'on suppose pour l'α-picoline ainsi que celle de la β-picoline



α-picoline. β-picoline.

Quels sont les arguments en faveur de cette tautomérie de l'α-picoline? Rau et Narayanaswamy (3) ont déterminé les polarisations et le moment

(1) Séance du 25 février 1935.

(2) B. Bloch et J. Errera, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 713. J. Errera et P. Mollet, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 814.

(3) *Zeits. f. Phys. Chem.*, 26, 1934, p. 39.

électrique de l'α-picoline en mesurant son pouvoir inducteur spécifique en solution diluée dans le benzène à différentes températures, mais dans un intervalle seulement de 30°. Ils trouvent par cette méthode comme valeur de la polarisation atomique (P_A) $23^{cm^3},2$, valeur qui est de l'ordre de celle de la polarisation électronique (P_E) qui est de $27^{cm^3},8$. Les auteurs croient que cette valeur élevée est en rapport avec l'hypothèse qu'ils attribuent à Tchitschibabin (1) qui consiste à supposer que l'hydrogène du groupe méthyle est mobile et qu'il peut exister les deux formes données ci-dessus.

Le tableau suivant nous donne, en fonction de la longueur d'onde λ, les valeurs de l'indice de réfraction *n*, calculé à partir de mesures du pouvoir réflecteur et du coefficient d'absorption par la formule

$$R = 100\,\frac{(n-1)^2 + n^2\alpha^2}{(n+1)^2 + n^2\alpha^2}.$$

λ.	52μ.	63μ.	83μ.	92μ.	117μ.	152μ.
			Picoline α.			
R (%)	4,4	4,2	3,7	3,9	4,1	4,3
n	1,53	1,52	1,48	1,49	1,51	1,52
*n*α	0,010	0,008	0,016	0,029	0,044	0,057
			Picoline β.			
R (%)	4,2	3,6	3,9	4,0	4,2	4,3
n	1,52	1,47	1,49	1,50	1,52	1,52
*n*α	0,008	0,007	0,013	0,027	0,043	0,052

Nous remarquons que l'indice diminue d'abord, ce qui correspond à la fin du domaine où seuls les électrons et les atomes contribuent à la polarisation, et augmente ensuite ce qui est dû à ce que les dipoles permanents commencent à pouvoir suivre les inversions du courant. Le plus petit indice sera celui qui nous permettra de calculer la valeur de $P_E + P_A$, connaissant la densité *d* et la masse moléculaire M. On trouve

$$P_E + P_A = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}\,\frac{M}{d} = 27^{cm^3},9.$$

La P_E étant connue, et d'ailleurs confirmée par nos mesures expérimentales d'indice dans le visible, la valeur de la P_A est de l'ordre de $0^{cm^3},1$ au lieu de 23,2 comme le donnait le travail cité de Rau.

Dans le Tableau on trouve les valeurs du coefficient d'absorption *n*α

(1) A. E. Tchitschibabin et S. W. Benewolenskaya, *Ber. Deut. Chem. Ges.*, 61, 1928, p. 547.

pour l'α et la β-picoline. On voit, comme le prévoit la théorie de Debye, une augmentation de ce coefficient à partir de 63$^{\mu}$ lorsque les dipoles commencent à contribuer à la polarisation. Ceci confirme ce que nous avons dit ci-dessus quant à l'allure générale de la dispersion. On remarque aussi que les variations du coefficient d'absorption de ces deux corps sont semblables; or pour la β-picoline la distance entre l'atome d'azote et le groupe méthyle étant plus grande, la tautomérie n'est plus possible. Le fait de la similitude de ces deux courbes est ainsi un nouvel argument contre l'hypothèse de cette tautomérie.

Enfin des recherches en collaboration avec M. P. Mollet sur l'α-picoline dans l'infrarouge proche n'ont pas montré l'existence d'une bande N-H qui devrait apparaître à environ 1$^{\mu}$,55 dans le spectre d'absorption de la forme (2).

L'hypothèse de l'existence de la forme tautomère 2 de l'α-picoline n'est donc pas confirmée par ces recherches.

PHOTOCHIMIE. — *Influence des iodures alcalins sur les propriétés des émulsions photographiques.* Note de M. **André Charriou** et de Mlle **Suzanne Valette**, présentée par M. Jean Perrin.

L'un de nous [1] a montré comment l'incorporation d'un iodure alcalin dans une émulsion photographique à l'iodo-bromure d'argent détermine, d'une part, une chute notable de la sensibilité et, d'autre part, une élévation considérable de l'aptitude à la solarisation.

Lors de ces essais, il avait été impossible d'ajouter à l'émulsion des doses d'iodures supérieures à 0^{mol},02 par molécule de bromure d'argent, en raison de l'affaiblissement des densités, rendant leur mesure précise très délicate.

Nous avons jugé utile de poursuivre ces expériences en utilisant cette fois des méthodes sensitométriques beaucoup plus exactes.

Nous avons effectué, sur des émulsions à l'iodo-bromure d'argent et à très haute sensibilité, trois séries d'expériences correspondant à diverses teneurs en iodure d'argent. Comme dans les essais précédents, de l'iodure de potassium, en solution aqueuse, était ajouté aux émulsions, à la fin de leur préparation; les émulsions étaient, aussitôt après, coulées sur plaques,

---

[1] A. Charriou, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 172.

séchées, enfin exposées dans un sensitomètre et développées, comparativement aux mêmes émulsions non traitées.

Résultats expérimentaux. — Les résultats de nos principales expériences sont portés sur le tableau ci-dessous :

Teneur de l'émulsion en iodure d'argent (par rapport à la masse de bromure d'argent).	Nombre de molécules d'iodure de potassium par molécule de bromure d'argent.	Sensibilité relative.	Énergie relative capable de provoquer la solarisation.
2,6 pour 100..........	0	1	1
»	0,006	0,43	0,3
»	0,012	0,20	0,2
»	0,025	0,07	0,075
»	0,045	0,13	0,4
»	0,060	0,25	1
4,65 pour 100.........	0	1	1
»	0,0015	0,9	–
»	0,003	0,65	0,45
»	0,006	0,52	0,22
»	0,012	0,25	0,12
»	0,018	0,12	0,08
»	0,04	0,3	0,15
6 pour 100............	0	1	1
»	0,006	0,5	0,125
»	0,018	0,25	0,045
»	0,04	1,3	0,158

Conclusions. — L'examen du tableau précédent permet de tirer les conclusions suivantes :

1° *Lorsque, dans une émulsion photographique, la teneur en ions iode augmente, la sensibilité décroît tout d'abord, puis elle remonte après être passée par un minimum.*

2° Plus la proportion d'iodure d'argent dans l'émulsion est élevée, moins la chute de sensibilité, sous l'effet des ions iode, est importante, et de même plus le relèvement de la sensibilité est accusé, après le minimum.

C'est ainsi que, pour une émulsion très riche en iodure d'argent (6 pour 100), nous avons constaté, dans le cas d'une forte concentration en ions iode, une *sensibilité nettement supérieure à la sensibilité initiale.*

3° *Lorsque la teneur en ions iode augmente, l'aptitude de l'émulsion à la solarisation croît jusqu'à un maximum puis enfin décroît.* Ce maximum d'aptitude à la solarisation correspond au minimum de sensibilité.

Ces expériences montrent donc que les propriétés désactivantes des

iodures vis-à-vis des molécules de bromure d'argent excitées par des radiations lumineuses se manifestent seulement jusqu'à une concentration limite. Pour les teneurs plus élevées, il est probable que le système se complique d'un phénomène secondaire provoquant une réactivation, suivant un mécanisme encore inconnu.

Ces faits infirment les hypothèses attribuant les propriétés désactivantes des halogénures à une simple halogénation des germes d'argent mis en liberté par réduction du bromure d'argent, au cours de la préparation de l'émulsion.

RADIOCHIMIE. — *Sur la sensibilité des compte-photons.* Note de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré [1] que certaines réactions chimiques émettent un rayonnement décelable par des compteurs photoélectriques. Mais cette détection exige des cellules de haute sensibilité. Aussi est-il important de déterminer l'ordre de grandeur de la sensibilité des photocathodes utilisées et d'apprécier ainsi l'intensité du rayonnement chimique.

La méthode suivante permet de déterminer très simplement les faibles quantités d'énergie lumineuse auxquelles ces cellules sont sensibles. Le compteur est soumis au rayonnement d'une lampe à résonance de vapeur de mercure donnant un rayonnement de 2535,7 Å [2] d'intensité mesurée par comparaison avec un étalon Hefner au moyen d'une pile thermoélectrique Zeiss et d'un galvanomètre Zernicke. Cette intensité I_0 était aflaiblie par une solution d'acétone dans l'alcool (0,3 à 1,0 pour 100), ces deux corps étant soigneusement purifiés. Deux mesures faites pour la même solution sous deux épaisseurs différentes d et d' permettant à partir des accroissements correspondants de la fréquence des décharges, n et n' de calculer le coefficient d'absorption : K : $n/n' = 10^{-K(d-d')}$; il était ensuite possible, connaissant K, de déterminer l'intensité $I = I_0 . 10^{-Kd''}$ donnant à la cellule un accroissement n du nombre des décharges.

L'évaluation du plus petit rayonnement perceptible, ou sensibilité

(1) *Comptes rendus*, 194, 1933, p. 1124.

(2) Un examen spectrographique permettait de s'assurer qu'il n'y avait pas de lumière parasite provenant de diffusions toujours possibles.

limite, exige que l'on ait vérifié préalablement la constance des décharges spontanées pendant un temps suffisamment long, en même temps que la fidélité, toute cellule présentant des fluctuations trop importantes devant être rejetée. L'écart moyen étant ainsi déterminé, il me paraît raisonnable de considérer que tout rayonnement correspondant à des accroissements de décharge inférieurs à deux fois l'écart moyen est inappréciable.

La sensibilité limite d'une substance donnée varie beaucoup d'une électrode à l'autre : il est souvent nécessaire, comme le montre le Tableau suivant, correspondant à une centaine de cathodes à l'aluminium, de monter de nombreuses cellules avant d'en obtenir qui aient une sensibilité convenable :

Nombre de cellules........................	2	6	20	50
Sensibilité limite approximative en erg/sec/cm².	5.10^{-11}	5.10^{-10}	5.10^{-8}	5.10^{-6}

L'étude des différents facteurs susceptibles d'influencer la sensibilité conduit aux résultats suivants. Ainsi qu'il est possible de le voir sur les nombres ci-dessous, la sensibilité croît avec la différence de potentiel entre les électrodes.

Diff. de potentiel.	600	620	700	720	800	840	900
Sensibilité limite approximative en erg/sec/cm² :							
Cellule à Cu I....	10^{-7}	–	–	$0,5.10^{-7}$	–	$2,0.10^{-8}$	$1,0.10^{-8}$
Cellule à Al.....	–	10^{-8}	$5,0.10^{-9}$	–	$1,0.10^{-9}$	–	$0,5.10^{-10}$

La nature du gaz contenu dans l'ampoule et sa pression ne semble jouer aucun rôle essentiel; j'ai obtenu des sensibilités limites analogues avec les gaz suivants : néon, azote, air, hydrogène. Par contre la forme et la disposition des électrodes interviennent profondément; les dispositifs les plus simples, cathode en forme de plaque ou de disque, anode en forme de fils ou d'anneau, donnent les meilleures cellules.

Ces résultats, appliqués à l'étude des diverses réactions étudiées émettant du rayonnement, permettent d'indiquer que les ordres de grandeur de cette émission pour la concentration indiquée, s'échelonnent entre 10^{-6} et 10^{-9} erg/sec/cm². De telles évaluations sont basées sur une extrapolation des effets obtenus pour des rayonnements d'intensité moyenne aux émissions correspondant à quelques photons/sec/cm²; or, on constate, parfois, que des cellules dont la sensibilité limite est de l'ordre de 10^{-7}, 10^{-6} erg/sec/cm², mesurée comme il vient d'être dit, mais ayant un nombre élevé de décharges spontanées (50 à 60 par minute), permettent de détecter de très faibles luminescences au même titre que des cellules plus sensibles

(10^{-9} à 10^{-10} erg/sec/cm^2), mais donnant à l'obscurité un nombre de décharges beaucoup plus faible (1 à 5 par minute).

Il suffirait pour expliquer ces faits que les décharges spontanées soient liées à un phénomène augmentant l'efficacité des rencontres entre photons et électrons.

RADIOCHIMIE. — *Mécanismes du photopotentiel des lames de cuivre oxydé.* Note de M. **Jean Roulleau**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que l'effet Becquerel présenté par les électrodes de cuivre oxydé est, suivant les auteurs, attribué soit à un mécanisme photoélectronique ([1]), soit à un mécanisme photoélectrochimique relevant de la photolyse de l'eau ([2]).

Récemment, Athanasiu ([3]) a montré que l'effet de couche d'arrêt était impuissant à rendre compte de toutes les propriétés des lames de cuivre recouvertes de Cu^2O. Dans le but de préciser l'importance relative de ces différents processus, j'ai d'abord étudié les propriétés des électrodes constituées par des lames de cuivre entièrement oxydées en Cu^2O.

I. L'expérience montre que ces électrodes exemptes de support de cuivre ne donnent lieu, dans les électrolytes aqueux, à un photopotentiel que si elles sont traitées suivant les conditions habituelles permettant de créer à leur surface une couche d'arrêt ([4]).

Corrélativement, dans les liquides oxydants susceptibles de détruire celle-ci, le photo-effet s'annule ou diminue considérablement. On vérifie en outre que ce photopotentiel, contrairement à la plupart des effets Becquerel, est du même ordre de grandeur dans les solutions aqueuses ou dans les liquides organiques rendus conducteurs par dissolution d'iodure de potassium. L'étude au monochromateur de ces électrodes montre que

---

([1]) W. Schottky, *Phys. Zeit.*, 32, 1931, p. 833; F. Waibel, *Zeit. Phys.*, 76, 1932, p. 281; R. Müller et A. Spector, *Phys. Rev.*, 41, 1932, p. 371.

([2]) R. Audubert, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 15, et *Journ. Phys.*, 5-7, 1934, p. 486.

([3]) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1604.

([4]) La technique des couches de barrage est maintenant assez bien connue pour qu'on sache, d'une part, les conditions dans lesquelles ces couches apparaissent (réduction superficielle par voie chimique ou par bombardement cathodique), d'autre part, les conditions dans lesquelles on peut les faire disparaître (grattage de la couche ou oxydation).

la courbe de sensibilité spectrale a le même aspect que celles des cellules solides à couche d'arrêt à l'oxyde cuivreux ([1]). Dans les deux cas on observe un maximum de sensibilité aux environs de 4700 Å. L'effet présenté par ces lames est donc de nature électronique et doit relever d'un mécanisme identique à celui des cellules à couche d'arrêt.

L'absence d'effet photolytique conduit donc à penser que celui-ci, comme cela est logique, si l'on adopte la théorie photoélectrochimique, exige la présence de cuivre.

II. Si l'on considère maintenant des lames de cuivre recouvertes d'oxyde cuivreux obtenu par oxydation thermique, on peut faire apparaître une couche d'arrêt par le traitement habituel, à la surface de cet oxyde; de la sorte, une telle lame plongée dans un électrolyte peut présenter, en outre des effets photochimiques, un effet électronique (couche d'arrêt sur la surface antérieure). On vérifie, en effet, dans ces conditions, que de telles lames présentent un effet notable en l'absence d'eau, dans des liquides organiques anhydres. Par ailleurs, la courbe de sensibilité spectrale présente non seulement un maximum à 3900 Å, mais aussi un deuxième maximum qui s'approche d'autant plus de 4700 Å que la couche d'arrêt exerce une action plus prépondérante. Pour de telles lames, deux effets positifs pourront se superposer : l'effet électronique de couche d'arrêt (face d'entrée) et l'effet photoélectrochimique. En outre, de telles électrodes présenteront un effet négatif plus ou moins intense suivant l'épaisseur de la couche de Cu^2O et la nature du traitement thermique, dû au processus électronique de couche d'arrêt (face postérieure).

On peut vérifier que dans une lame traitée de manière à présenter une couche d'arrêt sur la face d'entrée, les deux effets positifs ainsi obtenus sont indépendants l'un de l'autre. En effet, conformément à la théorie photoélectrochimique ([2]), l'effet photolytique diminue beaucoup dans les liquides contenant des ions Cu^{++}. On observe alors effectivement, par l'étude du spectre de sensibilité, que seul l'effet électronique subsiste. Mais si l'on abandonne ensuite une telle lame dans SO^4K^2, l'effet photochimique réapparaît; on constate que la courbe de sensibilité spectrale présente à nouveau un maximum vers 3900 Å.

III. Si l'on prépare des lames en oxydant du cuivre à basse température et dans l'oxygène, de manière à obtenir une électrode Cu/CuO, on

([1]) P. Auger, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 319.

([2]) R. Audubert, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 82.

constate, par l'étude de son spectre et de l'action des divers électrolytes aqueux ou anhydres, que ces lames ne donnent jamais qu'un photopotentiel relevant d'un mécanisme photoélectrochimique décrit par M. Audubert, ce qui montre qu'il est pour le moins difficile de faire apparaître sur de telles lames une couche d'arrêt.

En résumé, en ce qui concerne l'effet Becquerel sur les lames de Cu^2O, on peut donc dire que l'effet électronique, toujours possible, n'apparaît de manière sensible que lorsqu'on prend la précaution de former une couche de barrage à la surface de la lame. Dans tous les autres cas, l'effet photoélectrochimique est prépondérant. De plus, avec des lames de cuivre recouvertes de CuO, on n'obtient jamais d'effet électronique.

RADIOACTIVITÉ. — *Radioactivité artificielle de l'iridium.* Note [1] de M. **Léonard Sosnowski**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Nous avons étudié dernièrement la radioactivité artificielle de quelques métaux [2] produite par les neutrons du glucinium irradié par les rayons γ du radium. Nous voulons présenter ici les résultats obtenus en appliquant la même méthode d'activation à l'iridium.

Pour ces recherches nous nous sommes servi du dispositif expérimental décrit dans nos Notes précédentes. Deux grammes d'iridium métallique étaient placés entre la source des rayons (166^{mg} de Ra) et le glucinium. Le tout était immergé dans un grand volume d'eau, ce qui a pour conséquence, comme on le sait, d'augmenter considérablement les effets produits. Les temps d'activation pouvaient atteindre 40 heures.

La radioactivité artificielle de l'iridium ainsi obtenue est assez intense. Le compteur Geiger-Müller marquait au début des mesures jusqu'à 150 impulsions par minute (mouvement propre, 9 par minute).

La décroissance de l'activité en fonction du temps montre l'existence de deux périodes : 50 minutes et 3 jours. Les graphiques de la figure 1 donnent les logarithmes de l'intensité du rayonnement étudié en fonction du temps. Les petits cercles ont trait au rayonnement de courte période, les cercles munis de croix au rayonnement de longue période.

Après 40 heures d'activation le rapport des intensités de deux radiations

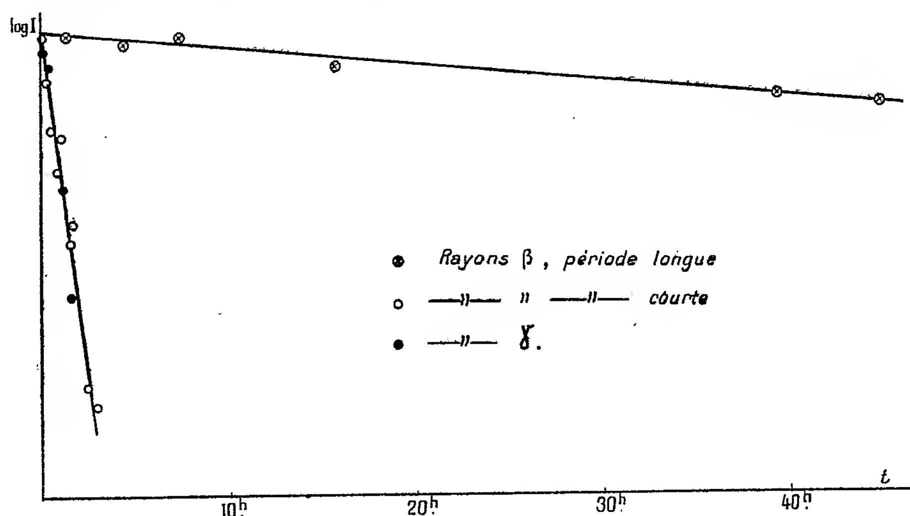
(1) Séance du 25 février 1935.

(2) L. Sosnowski, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 391 et 446.

correspondant à ces deux périodes est de 20 : 1; ce qui donne la valeur 6 : 1 pour la limite du rapport des intensités quand le temps d'activation tend vers l'infini.

Le rayonnement étudié se compose (du moins en majeure partie) de corpuscules chargés négativement (rayons β) comme le prouve la déviation subie par les rayons dans un champ magnétique (600 gauss).

Les mesures d'absorption par l'aluminium indiquent que les deux rayonnements ont des énergies différentes. L'absorption de chacun d'eux a une allure à peu près exponentielle. Une couche d'aluminium de 0,14 g/cm² diminue de moitié l'intensité du rayonnement de 50 minutes de période; pour le rayonnement de période de 3 jours, cette épaisseur doit être ramenée à 0,05 g/cm²; ce qui indique comme énergies moyennes respectives $1,1.10^6$ eV et $0,4.10^6$ eV.



On a encore constaté l'émission de rayons γ ayant aussi une période de 50 minutes. On a mesuré l'intensité de ce rayonnement à l'aide d'un compteur Geiger-Müller entouré d'une feuille de plomb de 1mm d'épaisseur.

Les points dans la figure 1 montrent les résultats des mesures des variations de l'intensité de ces rayons en fonction du temps.

En interposant des feuilles de plomb entre l'iridium activé et le compteur, on a pu mesurer l'absorption du rayonnement γ. Cette absorption suit une loi exponentielle. Le coefficient d'absorption pour le plomb est de 2,2 cm⁻¹, ce qui correspond à des quanta de 400 ekV d'énergie.

On peut supposer que l'activation de l'iridium se fait d'une manière

analogue à celle des autres éléments lourds, c'est-à-dire que les neutrons incidents sont arrêtés dans les noyaux de l'iridium en formant un isotope radioactif. Par l'émission d'un électron, l'iridium se transmuterait en un isotope du platine. Le nombre et les masses des isotopes de l'iridium et du platine sont inconnus; l'hypothèse la plus simple serait d'admettre que les rayonnements observés sont dus à deux isotopes du métal étudié.

Une transmutation du premier type donnerait lieu à l'émission d'un électron et à un rayonnement γ, tandis qu'une transmutation du second type produirait un rayonnement exclusivement électronique.

La grande intensité des rayons γ (1^g d'iridium donnait dans nos conditions 15 impulsions par minute) fait supposer que la probabilité de l'excitation du noyau restant lors de la transmutation ne diffère pas beaucoup de l'unité.

Fermi et ses collaborateurs [1] ont déjà observé la radioactivité artificielle de l'iridium produite par les neutrons provenant d'une source Rn + Be. Ils ont constaté l'émission de rayons β d'une période de 20 heures et d'énergie moyenne $1,1.10^6$ eV.; ils ont également observé l'émission de rayons γ. Leurs résultats semblent être en désaccord avec les nôtres. La raison de ce désaccord demanderait à être éclaircie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'origine des luminosités qui accompagnent la détonation des explosifs.* Note de MM. **Henri Muraour** et **André Michel-Lévy**, présentée par M. G. Urbain.

De l'ensemble de nos expériences, nous avons tiré la conclusion que les fortes luminosités qui accompagnent la détonation ont pour origine principale non pas les gaz chauds émis par l'explosif mais le milieu ambiant porté à haute température par l'onde de choc et, en particulier, par les rencontres d'onde de choc. A cette conclusion on peut opposer quelques objections :

1° Les luminosités enregistrées ont plus souvent la forme de jets de gaz lumineux que de rencontres d'ondes;

2° Les expériences de Patry [2] paraissent indiquer que l'onde de choc

---

(1) Fermi, Amaldi, d'Agostino, Rasetti, Segrè, *Proc. of Roy. Soc.*, 146, 1934, p. 483.

(2) *Thèse*, Nancy, 1933, p. 124.

n'est pas lumineuse. Les luminosités observées seraient dues à des gaz à haute température émis par l'explosif. Ces gaz lumineux accompagneraient l'onde de choc au début de son parcours pour s'en séparer ultérieurement.

Par une hypothèse simple, on peut répondre à ces objections et apporter une explication satisfaisante de tous les faits jusqu'ici observés. Cette hypothèse, nous la formulerons de la façon suivante :

1° Au passage de l'onde de choc et si *celle-ci est assez puissante* le gaz qui entoure l'explosif, comprimé adiabatiquement et porté ainsi à haute température, devient lumineux ;

2° *Après le passage de l'onde de choc cette luminosité ne disparaît pas immédiatement*, l'onde est donc suivie par un gaz lumineux lancé à grande vitesse, tout à fait distinct des produits de l'explosion, opaques et peu lumineux, qui se déplacent à une vitesse plus faible. A une distance suffisante de l'explosif l'onde de choc ayant perdu de sa puissance cesse d'être lumineuse, mais elle est encore suivie, pendant un certain temps, du gaz activé dont la luminosité décroît progressivement.

Cette hypothèse paraît parfaitement acceptable : La théorie indique que les températures atteintes dans l'onde de choc peuvent être extrêmement élevées. Des calculs exécutés pour différents gaz, à la suite de nos premières expériences, par M. Jouguet, puis par A. Schmidt, il résulte que pour un rapport p_2/p_1 de 400 (p_1 pression avant l'onde, p_2 pression produite par l'onde), la température atteinte serait dans l'air de 10500° (vitesse de l'onde 5900 m/sec). Dans l'argon, gaz de faible chaleur spécifique et pour le même rapport p_2/p_1 la température dépasserait 27000° (vitesse de l'onde 5500 m/sec). Les températures atteintes dans les gaz à forte chaleur spécifique (CO^2, butane) seraient naturellement beaucoup plus faibles.

Ces températures ne sont que théoriques, car dans les calculs on a supposé qu'il ne se produisait au passage de l'onde aucune modification pouvant entraîner une absorption de chaleur. Or, en réalité, non seulement il doit se produire, à des températures aussi élevées, une dissociation des molécules polyatomiques en atomes, mais aussi, pour tous les gaz, une *ionisation intense* (d'autant plus intense que la température est plus élevée) qui doit être à l'origine des luminosités considérables que nous avons observées.

Aux phénomènes lumineux qui accompagnent la propagation de l'onde de choc sont applicables, d'après nous, *les mêmes considérations que celles qui ont été développées, en particulier par Finkelnburg* (1), *pour expliquer les fortes lumi-*

(1) *Zeits. f. Physik*, 88, 1934, p. 297.

nosités observées dans certains phénomènes électriques (fils explosés d'Anderson, étincelles puissantes). Finkelnburg a montré comment un gaz très fortement ionisé doit donner naissance à *un spectre continu* (spectre d'Anderson, spectre de l'éclair). Ces spectres sont à rapprocher des spectres continus que nous avons observés en étudiant la propagation de l'onde de choc dans différents gaz. Cette parenté entre les phénomènes qui accompagnent l'onde de choc et l'étincelle électrique explique l'intensité et la brièveté des phénomènes lumineux que nous avons enregistrés (1).

L'intervention des phénomènes d'ionisation permet de comprendre pourquoi le classement des gaz monoatomiques par ordre de luminosité croissante, au passage de l'onde de choc, est le même que le classement de ces gaz par ordre de potentiel d'ionisation décroissant (hélium, néon. argon, krypton).

Il y aurait le plus grand intérêt à appliquer ces considérations dans l'étude des explosifs antigrisouteux pour les raisons suivantes :

a. Oxygène atomique et gaz ionisés peuvent peut-être jouer un rôle dans l'inflammation des mélanges grisouteux (2).

b. Les luminosités observées dans les tirs, soit au bloc de Traultz, soit au mortier, sont certainement dues, pour une grande part, à des rencontres d'ondes de choc (3). Dans les études ou les explosifs de mine tirés au bloc de Traultz ont été classés par ordre de « longueur de flamme » il nous paraît que ces explosifs ont été surtout classés par ordre de brisance. La luminosité dans l'onde de choc étant d'autant plus faible que l'explosif est moins brisant. On sait d'ailleurs que la diminution de la brisance des explosifs de mine est une condition importante de sécurité dans les tirs en atmosphère grisouteuse.

Nous espérons pouvoir montrer prochainement que les observations spectrographiques sont en accord avec certaines des considérations que nous venons de développer.

---

(1) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 543.

(2) Les ions pourraient également jouer un rôle dans la transmission de la détonation. Kallmann et Schränkler (*Naturwissenschaften*, Heft 20-21, 1933, p. 379) ont en effet montré au laboratoire de Fr. Haber qu'il est possible de faire détoner des explosifs par le choc des ions, les chocs d'électrons étant au contraire sans effet.

(3) Nous laissons de côté naturellement ici les flammes réelles dues à la combustion dans l'air des produits d'explosion ($CO - H^2 - C$) formés lorsque l'explosif n'est pas à combustion complète.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la lumière sur les précipitations périodiques en milieu gélatineux. Précipitation des chromates, phosphate et arséniate d'argent.* Note de M. E. **Duchemin**, présentée par M. Georges Urbain.

L'étude du phénomène de Liesegang (¹) nous a conduit à rechercher quelle pouvait être l'influence de la lumière sur les précipitations périodiques de certains sels d'argent dans la gélatine.

Nous avons d'abord porté notre attention sur la précipitation du chromate, ensuite sur celle des phosphate et arséniate.

Les essais ont été poursuivis dans des tubes. La gélatine préparée et manipulée sous un éclairage électrique atténué est additionnée de réactifs à la concentration voulue. Les solutions ainsi gélifiées sont traitées par une solution *n*/10 de nitrate d'argent qui diffuse dans la masse. Cette diffusion s'accompagne de précipitations de l'ion Ag. Celles-ci varient d'aspect suivant que la gélatine imprégnée du réactif a été ou non exposée à la lumière.

Dans la gélatine bichromatée maintenue à l'obscurité, le NO^3Ag diffuse en formant un louche jaunâtre continu. Dans ce gel apparaît du chromate d'argent qui se répartit en formant des figures dont l'aspect varie avec la concentration du milieu.

Pour une concentration élevée en $Cr^2O^7K^2$ (1/20ᵉ de molécule-gramme par litre) ces figures se forment dans des plans parallèles à la surface de séparation des milieux. D'abord très serrées et peu nettes ces figures se détachent en augmentant d'épaisseur. La concentration en $Cr^2O^7K^2$ diminuant jusqu'à 1/200ᵉ de molécule-gramme, elles deviennent plus fines et plus nombreuses. Les dernières précipitations toujours plus étendues, bien que de plus faible densité, sont nettement différentes des premières. Au microscope, elles apparaissent formées de granulations brun-noir foncé. Ce sont des mélanges de chromate d'argent rouge et de chromate vert dans lesquels la variété verte semble prédominer au fur et à mesure que le nitrate pénètre dans la gélatine. A concentration égale en $Cr^2O^7K^2$ les milieux les plus riches en gélatine présentent toujours les figures de précipitation les plus fines et les plus nettes.

Si l'on diminue encore la concentration en bichromate jusque vers

(¹) *J. Physik. Chem.*, 88, 1914, p. 1.

1/2000ᵉ de molécule-gramme environ, les figures deviennent diffuses mais de teinte uniforme orangé.

La loi de répartition de ces plans de précipitation est la même que la loi de répartition des anneaux primaires de Liesegang auxquels ils correspondent [1].

Pour une concentration faible en $Cr^2O^7K^2$ (1/200ᵉ de molécule-gramme) et en gélatine (4 à 1,5 pour 100) nous avons remarqué quelquefois une précipitation hélicoïdale très curieuse. La loi d'enroulement des spires obtenues est une exponentielle qui rappelle une loi de précipitation sur plaque décrite par Mˡˡᵉ S. Veil [2].

Quand la gélatine bichromatée a été exposée à la lumière solaire diffuse pendant quelques heures, la précipitation du sel d'argent n'y revêt plus le même aspect. Le nitrate d'argent diffuse alors en formant des stratifications jaunâtres très fines et très nombreuses qui s'épaississent en s'espaçant. Dans les premières précipite du chromate d'argent rouge, puis apparaît rapidement la variété verte qui donne à l'ensemble une coloration brun noir foncé.

Ces précipitations constituent la précipitation secondaire de Liesegang. La loi spatiale de répartition des plans est identique à celle qui régit la distribution des plans primaires observés dans la gélatine non insolée. Cette précipitation est toujours très régulière.

Si la diffusion du nitrate d'argent se produit pendant l'insolation de la gélatine bichromatée, les deux phénomènes décrits se superposent. La précipitation primaire se fait d'abord seule et peu à peu, elle a lieu dans les plans de la précipitation secondaire qui prend alors naissance.

La lumière n'a pas seulement une action sur la gélatine dissolvant du bichromate. Les gels tenant en dissolution du phosphate donnent une précipitation discontinue de phosphate d'argent quand ils sont maintenus dans l'obscurité. Par contre, la précipitation du même phosphate est continue si le milieu est insolé pendant quelques heures,

Il en est de même pour les solutions gélifiées d'arséniate de potassium, seulement l'action de la lumière y est beaucoup plus faible et il faut une insolation de plusieurs jours pour obtenir une précipitation continue.

---

(1) Mˡˡᵉ S. Veil, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 611.
(2) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1337.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relations entre les propriétés optiques du milieu et les constantes photochimiques du tétraphénylrubène. Étude du spectre d'absorption.* Note (¹) de MM. **Charles Dufraisse** et **Marius Badoche**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant constaté depuis longtemps que la nature du solvant influençait les constantes photochimiques des rubènes, nous avons effectué des mesures pour préciser les limites et l'intensité du phénomène.

Cette première partie de l'étude concerne le spectre d'absorption du tétraphényl-1-1'-3-3'-rubène.

a. On s'est assuré, tout d'abord, que le corps obéissait à la loi de Beer. Effectivement, le coefficient d'absorption ne varie sensiblement pas entre les concentrations 1/1000ᵉ et 1/20000ᵉ dans le benzène (*fig.* 1).

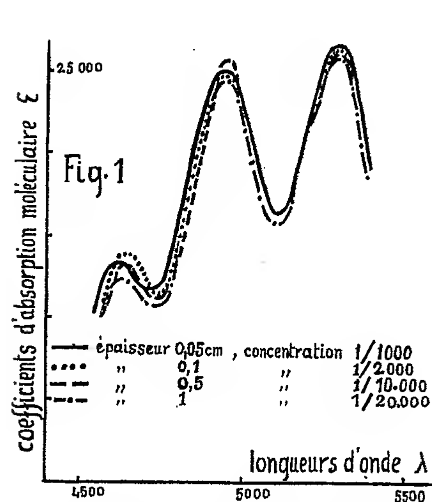


Fig. 1. — Spectres d'absorption du tétraphénylrubène, $C^{42}H^{28}$, sous diverses concentrations, dans le benzène.

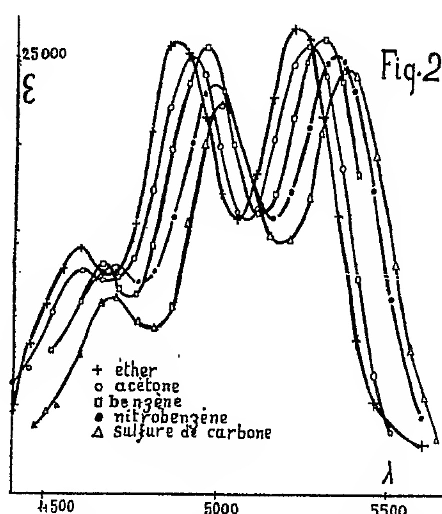


Fig. 2. — Spectres d'absorption du tétraphénylrubène, $C^{42}H^{28}$, dans différents solvants organiques.

b. Comme les auteurs l'ont déjà signalé pour d'autres corps colorés, les bandes d'absorption du tétraphénylrubène n'occupent pas les mêmes places dans tous les solvants (*fig.* 2).

Les études ont porté sur les 16 liquides suivants : sulfure de carbone, chloroforme, iodure d'éthyle, acétone, alcool amylique, éther éthylique,

(¹) Séance du 4 mars 1935.

éther butylique, éther amylique, dioxane, acétate d'éthyle, benzène, anisol, alcool benzylique, benzoate d'éthyle, nitrobenzène et pyridine.

Les modifications de spectres se réduisent à un déplacement régulier du système de bandes, sans changement de structure et sans déformation. Dans le sens des abscisses (échelle des longueurs d'onde), le glissement général est fort accentué, puisqu'il peut atteindre 150 Å, entre l'éther et le sulfure de carbone. Dans le sens des ordonnées (grandeur du coefficient d'absorption), le mouvement est moins net. Il semble y avoir cependant une chute progressive du pouvoir absorbant au fur et à mesure que l'on gagne vers le rouge.

Nous avons recherché ensuite comment s'appliquait la règle de Kundt, que l'on peut énoncer comme il suit : le spectre est d'autant plus déporté vers le rouge que le pouvoir réfringent du milieu est plus élevé.

La concordance n'est qu'approximative. Ainsi, pour les solvants concernant les cinq courbes du graphique 2, on a les indices de réfraction, au voisinage de 20° : éther = 1,352 ; acétone = 1,359 ; benzène = 1,501 ; nitrobenzène = 1,553 ; sulfure de carbone = 1,631. Pour ces corps, le classement est donc bien le même que celui du pouvoir bathochrome.

Par contre, comme on devait s'y attendre d'après divers exemples connus, il y a des exceptions. La plus notable est celle de l'α-bromonaphtalène, $N_{D_{20}} = 1,656$. Le décalage des bandes, qui, d'après la règle de Kundt, aurait dû être le plus élevé, se trouve être inférieur à celui qu'occasionne le nitrobenzène, liquide pourtant bien moins réfringent.

c. Quoique le phénomène de Kundt n'ait en lui-même rien de proprement spécifique, puisqu'on le retrouve chez des corps colorés très variés, nous avons recherché si, dans le cas particulier d'un rubène, le déplacement des bandes ne s'expliquerait pas, en partie sinon en totalité, par une association moléculaire avec le solvant. L'un de nous [1] a montré en effet que les rubènes pouvaient présenter en certains de leurs sommets les propriétés des radicaux libres, formes chimiques remarquables par leur affinité, laquelle se manifeste même vis-à-vis des solvants les plus inertes.

S'il se formait, en solution, un complexe défini entre le rubène et le solvant, un mélange de solvants devrait donner simultanément les spectres correspondant aux divers solvates : on observerait alors un dédoublement des bandes ou tout au moins leur élargissement.

---

[1] *Bull. Soc. Chim.*, 53, 1933, p. 857.

Les graphiques des figures 3 et 4 ne laissent aucun doute à cet égard : il n'y a ni dédoublement ni changement de structure des bandes, mais seulement un décalage conforme à la règle des mélanges.

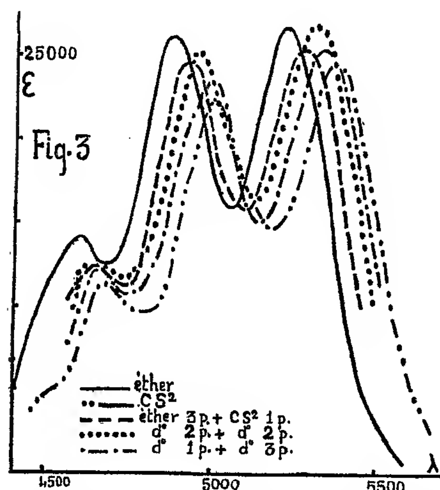


Fig. 3. — Spectres d'absorption du tétraphénylrubène, $C^{42}H^{28}$, dans l'éther, dans le sulfure de carbone et dans quelques mélanges des deux solvants.

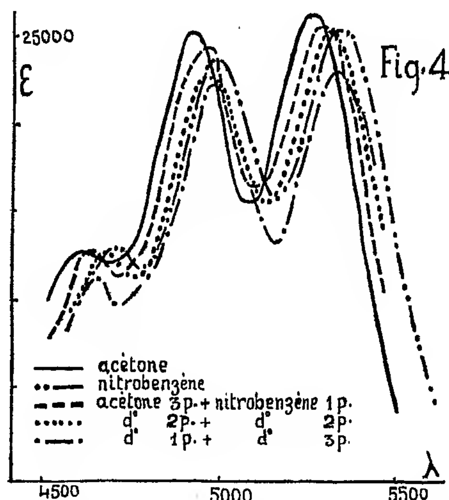


Fig. 4. — Spectres d'absorption du tétraphénylrubène, $C^{42}H^{28}$, dans l'acétone, dans le nitrobenzène et dans quelques mélanges des deux solvants.

Le tétraphénylrubène, en solution, ne paraît donc former aucune combinaison chimiquement définie avec les solvants. La solvatation, s'il en existe une, doit se réduire à un cortège moléculaire plus ou moins nettement délimité, mais constitué, en cas de mélange, comme le solvant lui-même.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés réactionnelles de la 4-hydroxyquinaldine*. Note [1] de M. **André Meyer** et Mlle **Madeleine Maurin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Depuis quelques années, l'un de nous a étudié divers composés du groupe de la quinoléine, en vue de déterminer certaines relations existant entre la constitution chimique et les propriétés, en particulier l'action physiologique.

---

[1] Séance du 4 mars 1935.

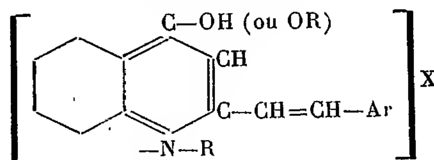
Il nous a semblé intéressant d'examiner notamment la *4-hydroxyquinaldine* (2-méthyl-4-hydroxyquinoléine) et ses dérivés, sur lesquels il n'existait, à notre connaissance, aucune recherche au point de vue pharmacodynamique, afin de préciser l'influence du groupe OH en position 4 sur les propriétés chimiques et physiologiques du noyau de la quinaldine.

La 4-hydroxyquinaldine, découverte par Conrad et Limpach (1), a été étudiée, sur notre demande, par M. Marcel Levrat, qui a déterminé sa toxicité et son action physiologique sur l'animal à l'aide des solutions préparées par nos soins. Les résultats obtenus seront publiés dans un autre Recueil.

Nous indiquerons sommairement dans la présente Note quelques propriétés réactionnelles observées avec la 4-hydroxyquinaldine, comparées à celles de la quinaldine elle-même.

1° A la différence de la quinaldine, et de ses dérivés substitués dans le noyau aromatique, la 4-hydroxyquinaldine ne se condense pas directement avec les aldéhydes aromatiques : le groupe OH exerce donc, lorsqu'il est situé en *para* de l'azote, une influence inhibitrice sur la réactivité du groupe CH^3, situé en 2;

2° Par contre, les sels d'ammonium quaternaires de l'hydroxyquinaldine fournissent, par chauffage avec les aldéhydes en présence de pipéridine, des *styril-quinoléines* colorées, de la forme



Ces styril-quinoléines sont comparables par leurs propriétés aux styril-quinoléines préparées à partir de la quinaldine ou de ses dérivés substitués dans le noyau aromatique, par Browning et ses collaborateurs (2), ces savants ont récemment étudié leur pouvoir antiseptique et trypanocide.

3° Les sels d'ammonium quaternaires de la quinaldine, possèdent, suivant

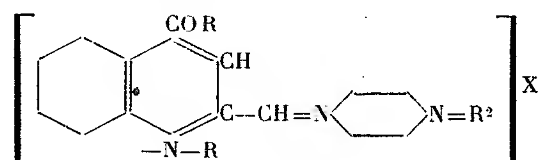
(1) *Ber. chem. Gesell.*, 20, 1887, p. 944.

(2) *Proc. Roy. Soc. London*, B, 100, 1926, p. 293 et publications ultérieures.

Browning et ses collaborateurs (*loc. cit.*) la faculté de se condenser avec les paranitrosamines aromatiques, conduisant ainsi à des *azométhines* colorées, généralement douées de pouvoir antiseptique dont le type est le *quinanile*.

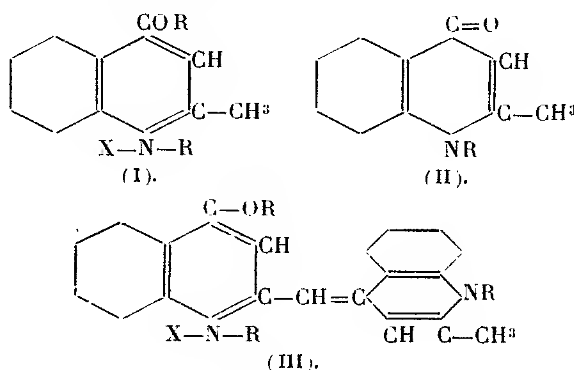
Dans les mêmes conditions, les sels d'ammonium quaternaires de l'hydroxyquinaldine ne donnent pas d'azométhines : ce fait est la conséquence de l'affaiblissement de la réactivité du groupe CH^3, signalé ci-dessus.

4° Pour obtenir des azométhines avec la paranitrosodiméthylaniline, par exemple, il est nécessaire de bloquer au préalable le groupe OH par éthérification. Les sels d'ammonium quaternaires des 4 alcoylhydroxyquinaldines se condensent alors avec les nitrosamines et fournissent ainsi des azométhines, colorées en rouge violet, de la forme



5° L'action des alcalis, faibles ou forts, sur les sels d'ammonium quaternaires de l'hydroxyquinaldine ou de ses dérivés alcoylés en 4, conduit à des composés doués d'une intense coloration rouge violet, se décolorant par les acides et présentant les propriétés et les réactions des *isocyanines*.

Le mécanisme de leur formation peut s'interpréter de diverses manières, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir une réaction d'oxydation, comme dans le cas des cyanines ou isocyanines ordinaires. En particulier, on pourrait admettre que, sous l'action de l'alcali, il se produit intermédiairement, par perte de XR, une alcoylquinaldone (II), laquelle, par condensation ultérieure avec une autre molécule du sel d'ammonium quaternaire (I), produit l'isocyanine (III)



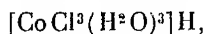
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la coloration des sels de cobalt.* Note de M. **Clément Duval**, présentée par M. Georges Urbain.

On sait que le chlorure cobalteux rose $Cl^2[Co(H^2O)^6]$ devient bleu sous l'action de divers chlorures, de l'acide chlorhydrique, de la chaleur et de certains alcools. La coloration bleue formée vire au rose sous l'action de l'eau, d'autres chlorures et alcools. Une centaine de Mémoires ont paru sur la question ([1]), mais elle est loin d'être élucidée.

J'ai pu établir les points suivants :

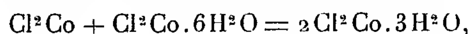
1° La coloration bleue fournie avec le chlorure de lithium est due au composé écrit par Chassevant ([2]), en équivalents, 2ClCo, ClLi, 3HO. Il est préférable de le formuler $[CoCl^3(H^2O)^3]Li$. En effet, l'électrophorèse, faite en milieu alcoolique, dans un tube en U, muni à sa base de deux robinets fermés pendant la mesure ([3]) indique que tout le cobalt est dans l'anion. Avec cet artifice, on peut faire l'analyse des produits apparus dans chaque branche du tube en U. Si l'on répète l'expérience avec le composé précédent, mais déshydraté ($Cl^2Co + ClLi$), tout le cobalt va à la cathode ; il retourne à l'anode par introduction d'une minime quantité d'eau à la liqueur bleue. L'eau fait donc partie de l'anion.

2° A ce sel de lithium correspond un acide fort de formule



$$[CoCl^3(H^2O)^3]H,$$

l'*acide cobalt-*11*-triaquo-trichlorhydrique*, prévu par Engel ([4]) et par Paul Job ([5]). Je l'ai isolé à l'état solide. C'est lui qui apparaît quand on traite le chlorure cobalteux hexahydraté par l'acide chlorhydrique en excès. Remarquons qu'il contient trois molécules d'eau, mais qu'un excès d'eau le détruit. Cependant, si l'on tient compte de l'égalité



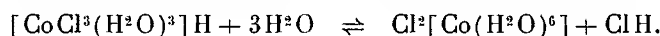
$$Cl^2Co + Cl^2Co.6H^2O = 2Cl^2Co.3H^2O,$$

la méthode de préparation devient très simple : dans l'obscurité, on envoie, à —5°, un courant de gaz chlorhydrique sec, sur un mélange fait à

([1]) V. Lombard et C. Eichner, *Revue générale des Sciences*, 43, 1932, p. 663.
([2]) *Ann. Chim. Phys.*, 30, 1893, p. 29 et *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1891, p. 3.
([3]) Cl. Duval, *Manipulations de Chimie*, p. 109.
([4]) *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1891, p. 245.
([5]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 181.

parties rigoureusement égales de chlorure cobalteux anhydre et de chlorure hexahydraté. En opérant au contact d'éther absolu, l'acide cherché reste sous forme d'une poudre bleue dont la structure a été prouvée par analyse, par électrophorèse et par conductibilité dans l'alcool.

Au contact de l'eau, cet acide donne la réaction réversible



$$[CoCl^3(H^2O)^3]H + 3H^2O \rightleftharpoons Cl^2[Co(H^2O)^6] + ClH.$$

3° L'acide bleu se forme, à côté d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde cobalteux quand on chauffe l'hexahydrate.

4° L'hydrate violet $Cl^2Co.2H^2O$ doit avoir sa formule triplée. C'est en effet le sel cobalteux $[CoCl^3(H^2O)^3]^2Co$ de l'acide bleu que j'ai isolé. Il nous paraît violet car il est formé d'un anion bleu associé à un cathion rose. Il fournit l'acide bleu sous l'action de l'acide chlorhydrique et d'une trace d'eau; inversement, il se forme en traitant l'acide par le carbonate de cobalt.

5° Cet hydrate violet se produit très facilement, par évolution à l'air du cobaltichlorure cobaltique $[CoCl^6]Co$, de couleur verte, que j'ai isolé sous forme solide en envoyant, à l'obscurité, un courant de gaz chlorhydrique sec dans une suspension éthérée d'oxyde cobaltique. Le corps vert formé s'identifie bien avec le chlorure cobaltique de Meyer et Best (1), de Schall et Markgraf (2), mais sa formule doit être doublée, comme le veut l'électrophorèse.

6° L'acide bleu donne des sels bleus avec les métaux dont la tension de polarisation est supérieure à celle de l'aluminium et qui, par suite, ont une faible tendance à fournir des complexes.

7° Les colorations roses données avec l'acide bleu et les métaux dont la tension de polarisation est égale ou inférieure à celle de l'aluminium sont dues à des complexes pouvant être obtenus à l'état solide et déjà décrits sous forme de sels doubles. Ainsi, avec le chlorure de cadmium, apparaît le composé $2Cl^2Cd, Cl^2Co, 12H^2O$ de Von Hauer (3), qui est mieux écrit $[CdCl^6][Co(H^2O)^6][Cd(H^2O)^6]$ en accord avec les expériences de Spacu et Caton (4) sur le comportement chimique et avec les miennes sur l'électrophorèse.

---

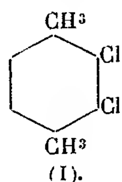
(1) *Z. anorg. Chem.*, 22, 1899, p. 181.
(2) *Z. Elektrochem.*, 38, 1932, p. 27.
(3) *Ber. Wien Akad.*, 17, 1855, p. 346.
(4) Spacu et Caton, *Bl. Stiinte Cluj*, 3, 1926-1927, p. 107.

8° Le tétrahydrate rose $Cl^2Co, 4H^2O$, dont l'existence a été très contestée, est du même type que le précédent et doit s'écrire $[CoCl^6][Co(H^2O)^6]^2$.

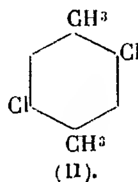
Dans tous les corps étudiés dans cette Note, le cobalt conserve la coordinence six.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés chlorés du p-xylène.* Note de M. **Henri Wahl**, présentée par M. Delépine.

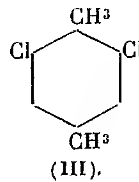
Parmi les trois dérivés dichlorés que peut donner le paraxylène, un seul, le dichloro-2.5-xylène-1.4, est connu,



(I).



(II).



(III).

D'après les indications de la littérature, il constitue le produit exclusif formé dans la dichloruration du carbure.

Ayant accumulé les portions lourdes de la préparation du monochloro-*p*-xylène que j'ai décrite ([1]), j'en ai maintenant examiné la composition. J'ai constaté que la fraction distillée, qui contient le dérivé dichloré fournit bien celui-ci à l'état cristallisé pour la plus grande partie, mais ces cristaux sont toujours imprégnés d'une petite quantité d'huile. Soupçonnant que cette huile pouvait contenir l'un des deux isomères inconnus ou peut-être même leur mélange, j'ai préparé ces isomères à l'état pur par voie synthétique afin d'en déterminer les caractères et faciliter leur identification.

Ces synthèses ont pu être aisément réalisées en soumettant chacune des chloro-*p*-xylidines que j'ai moi-même décrites précédemment ([2]) à la réaction de Sandmeyer par décomposition des dérivés diazoïques par le chlorure cuivreux. Purifiés par distillation, les dichloroxylènes ont donné les chiffres analytiques et les constantes indiqués ci-dessous.

I. *Dichloro-2.3-diméthyl-1.4-benzène*, F. — 2°, Éb. 230°, $D_{20}^{20} = 1,2332$ (Analyse pour 100 : Trouvé C = 54,5 ; H = 4,7 ; Cl = 40,0).

(III). *Dichloro-2.6-diméthyl-1.4-benzène*, F. + 15°, Éb. sous 770mm, 222°

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1900; **197**, 1933, p. 1330; **198**, 1934, p. 100.

(Analyse pour 100 : Trouvé, C = 55,2; H = 4,5; Cl = 40,2; calculé, C = 55,0; H = 4,5; Cl = 40,0).

Le dérivé dichloré déjà connu présente les constantes suivantes :

(II). *Dichloro-2.5-diméthyl-1.4-benzène*, F. 71°, Éb. sous 770^{mm}, 224°.

Pour caractériser ces produits par des composés cristallisés j'en ai étudié la sulfonation. Le dichloro-2.5-xylène-1.4 résiste à l'action de l'acide sulfurique ordinaire ou à 100 pour 100 mais, par contre, se sulfone assez bien avec l'oléum à 20 pour 100 de SO^3, à la température du bain-marie. Cette sulfonation s'accompagne d'une décomposition partielle du produit avec dégagement de SO^2 et formation d'un résidu charbonneux insoluble dans l'eau. On isole cependant de la solution aqueuse filtrée, par addition de ClK un précipité cristallisé de *dichloro-2.5-xylène-1.4-sulfonate de potassium* (Analyse pour 100 : Trouvé, K = 13,48; S = 10,8; calculé, K = 13,3; S = 10,9).

Traité par un mélange de $PCl^5 + POCl^3$, ce sel donne un *sulfochlorure* en aiguilles blanches F.71° (éther de pétrole), qui fournit aisément la *sulfamide* F.165° et la *sulfanilide* F.171° (N trouvé en pour 100, resp. 5,4 et 4,30; calculé, 5,5 et 4,25). Les deux autres dichloroxylènes isomères se sulfonent au contraire très aisément avec de l'acide sulfurique à 100 pour 100 sans décomposition sensible. Le dichloro-2.3-xylène-1.4 a donné ainsi un *sulfochlorure* F.62° (Cl trouvé, 38,6; calculé, 38,9); une *sulfamide* F.201° (N trouvé, 5,5; calculé, 5,5); une *sulfanilide* F.157° (N trouvé, 4,4; calculé, 4,25).

Le dichloro-2.6 fournit de la même manière le *sulfochlorure* F.81°, la *sulfamide* F.150°. (Analyse : resp. Cl = 38,6; N = 5,4), et la *sulfanilide* F.175° (N trouvé, 4,20.)

En possession de ces dérivées, j'ai repris l'étude des produits de dichloruration du *p*-xylène. Ceux-ci s'obtiennent très simplement en soumettant le *p*-xylène à l'action du chlore jusqu'à cristallisation de presque toute la masse. Les cristaux constituent le dérivé dichloré 2.5 comme l'ont montré Wheler et Morse [1]. L'huile qui les accompagne (10 pour 100 du total) est fractionnée plusieurs fois et l'on isole une portion, F.220-230°, présentant sensiblement la composition d'un dichloroxylène, mais visiblement formée d'un mélange. Traitée par 2-3 parties de SO^4H^2 à 100 pour 100 au bain-marie, cette huile se sulfone partiellement. L'addition d'eau ou l'entraînement à la vapeur permet de séparer du dichloro-2.5-xylène à peu

(1) *Journ. american chem. Soc.*, **46**, 1925, p. 2532.

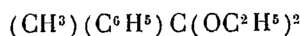
près pur, tandis que dans la solution aqueuse restante, on peut séparer par chaulage un sel de calcium cristallisé dont la composition est celle du *dichloroxylène sulfonate de calcium* $+ 1 H^2O$. (Analyse : Cl trouvé, 23,4; calculé, 23,6; Ca trouvé, 6,99; calculé, 7,07.)

Le pentachlorure de phosphore le transforme en sulfochlorure (F. 62°) identique avec le sulfochlorure de dichloro 2.3-xylène-1.4, il y a une même identité entre les sulfamides et les sulfanilides. Enfin hydrolysé par l'acide sulfurique à 80 pour 100 vers 180°, ce sel régénère un dichloroxylène qui n'est autre que le dichloro 2.3-xylène-1.4 décrit ci-dessus. Ainsi se trouve démontré le fait que la dichloruration du *p*-xylène fournit à côté du dérivé dichloré-2.5 qui est le produit principal déjà connu environ 5 pour 100 de l'isomère dichloré-2.3, qui n'avait pas encore été décrit et dont la constitution a été établie par sa synthèse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode générale de synthèse des amines éthyléniques N-disubstituées* $\begin{matrix}R.C\\R'\end{matrix}\!\!>\!C{-}N\!<\!\begin{matrix}R''\\Ar\end{matrix}$. Note de M. **Joseph Hoch**, présentée par Marcel Delépine.

Aucune amine non saturée répondant à la formule générale (I) n'a été préparée jusqu'à ce jour à ma connaissance. Knoevenagel ([1]) d'une part et Short ([2]) d'autre part crurent avoir obtenu des substances appartenant à cette famille de composés, mais Reddelin ([3]) a montré par la suite que ces auteurs s'étaient trompés.

En condensant le diéthylacétal de l'acétophénone



$$(CH^3)(C^6H^5)C(OC^2H^5)^2$$

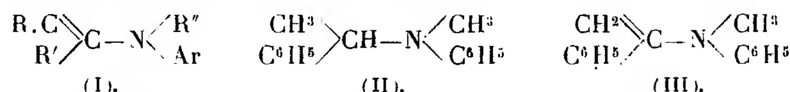
avec la monométhylaniline j'ai obtenu un corps, auquel l'analyse élémentaire assigne la formule $C^{15}H^{15}N$. Ce corps présente les caractéristiques suivantes : 1° il décolore le brome; 2° par hydrogénation catalytique il se transforme par addition d'une molécule d'hydrogène en N-α-phényléthyl-N-méthylaniline, P. Eb. 167-169° sous 12^{mm} (formule II), picrate, P. F. 115-116°; 3° chauffé avec ClH dilué il se scinde aisément en acétophénone (semi-carbazone, P. F. 200°) et en monométhylaniline (dérivé acétylé, P. F. 98°).

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, 54, 1921, p. 1722.

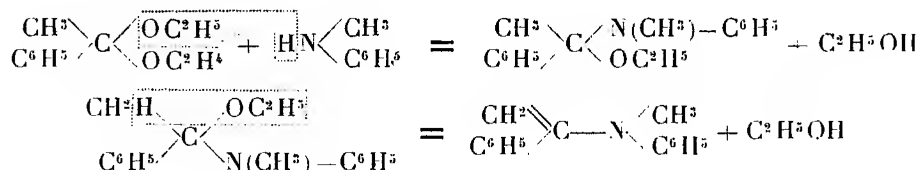
([2]) Short et Watt, *Chem. Soc. of London*, 1930, p. 2293-2297.

([3]) *Ber. d. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 1511.

L'ensemble de ces faits m'a conduit à attribuer à ce produit la formule (III) qui est celle d'un α (N-méthyl-N-phénylamino) styrolène appartenant à la série des composés (I)



L'action de la monométhylaniline sur le diéthylacétal de l'acétophénone peut être résumée par le schéma suivant :

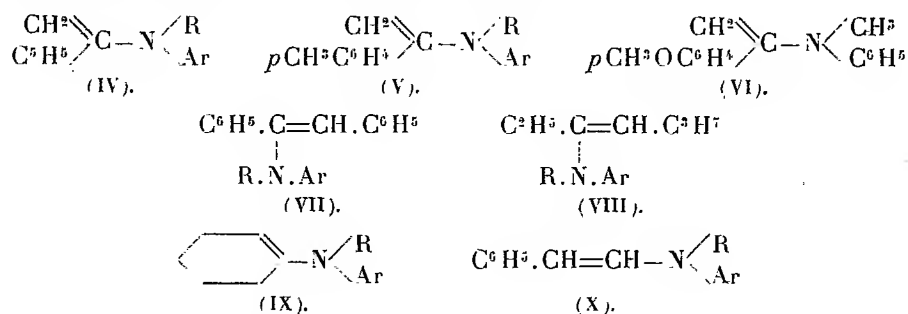


La quantité d'alcool correspondant aux rendements en amines non saturées se retrouve intégralement à la fin de la réaction. En appliquant cette réaction, inconnue jusqu'à présent, à d'autres acétals j'ai constaté qu'elle est générale et donne d'excellents rendements, aussi bien dans la série aliphatique que dans les séries arylaliphatique et cyclique. Elle ne semble pas fournir des produits secondaires. Le mode opératoire est le même que celui que j'ai indiqué pour la préparation des aniles, à partir des diéthylacétals et des arylamines [1], mais on doit opérer entre 140° et 240°.

J'ai obtenu dans ces conditions : l'α-(N-méthyl-N-phényl-amino)-styrolène, P. E. 161-162° sous 13mm, Rt 86 % (formule III); l'α-(N-éthyl-N-phénylamino)-styrolène, P. E. 167° sous 12mm, Rt 80 % (formule IV, R = C^2H^5, Ar = C^6H^5); l'α-(N-méthyl-N-*p*-tolylamino)-styrolène, P. E. 167° sous 10mm, Rt 83 % (formule IV, R = CH^3, Ar = *p* — CH^3 — C^6H^4); l'α-(N-méthyl-N-*p*-méthoxyphénylamino)-styrolène, P. E. 185° sous 10mm, Rt 80 % (formule IV, R = CH^3, Ar = $CH^3OC^6H^4$); l'α-(N-méthyl-N-phénylamino)-*p*-méthylstyrolène P. E. 170-171° sous 12mm, Rt 87 % (formule V, R = CH^3, Ar = C^6H^5); l'α-(N-éthyl-N-phénylamino)-*p*-méthylstyrolène, P. E. 175° sous 10mm, Rt 84 % (formule V, R = C^2H^5, Ar = C^6H^5); l'α-(N-méthyl-N-*p*-tolylamino)-*p*-méthylstyrolène, P. E. 181° sous 12mm, Rt 82 % (formule V, R = CH^3, Ar = *p* — $CH^3C^6H^4$); l'α-(N-méthyl-N-*p*-méthoxyphénylamino)-*p*-méthylstyrolène, P. E. 192-194° sous 9mm, Rt 60 % (formule V, R = CH^3, Ar = *p* — $CH^3OC^6H^4$); l'α-(N-méthyl-N-phénylamino)-*p*-méthoxystyrolène, P. E. 190-200° sous 12mm (avec décomposition), P. F. 55° (formule VI); le (N-méthyl-N-phénylamino)-stilbène, P. E. 230° sous 10mm, P. F. 82°, Rt 75 % (formule VII, R = CH^3, Ar = C^6H^5); le (N-méthyl-

[1] J. Hoch, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1438.

N-*p*-tolylamino)-stilbène, P. E. 232° sous 10mm, P. F. 76°, Rt 80 % (formule VII, R = CH^3, Ar = *p* — $CH^3C^6H^4$); le (N-méthyl-N-phénylamino)-3-heptène-3.4, P. E. 129-131° sous 12mm, Rt 72 % (formule VIII, R = CH^3, Ar = C^6H^5); le (N-méthyl-N-*p*-méthoxyphénylamino)-3-heptène-3.4, P. E. 166-167° sous 17mm, Rt 40 % (formule VIII, R = CH^3, Ar = *p* — $CH^3OC^6H^4$); le (N-méthyl-N-phénylamino)-1-cyclohexène 1.2, P. E. 140° sous 13mm, Rt 76 % (formule IX, R = CH^3, Ar = C^6H^5); le (N-éthyl-N-phénylamino)-1-cyclohexène-1.2, P. E. 152-153° sous 15mm, Rt 72 % (formule IX, R = C^2H^5, Ar = C^6H^5); le (N-méthyl-N-*p*-tolylamino)-1-cyclohexène-1.2, P. E. 150° sous 10mm, Rt 75 % (formule IX, R = CH^3, Ar = *p* — $CH^3C^6H^4$); le β-(N-méthyl-N-phénylamino)-styrolène, P. E. 205° sous 16mm, Rt 55 % (formule X, R = CH^3, Ar = C^6H^6); le β-(N-méthyl-N-*p*-tolylamino)-styrolène, P. E. 207-208° sous 12mm, P. F. 69, Rt 53 % (formule X, R = CH^3, Ar = *p* — $CH^3C^6H^4$).



Ces composés sont des huiles ou des solides jaunes, très altérables à l'air, surtout les dérivés du styrolène.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les sulfates symétriques d'amyle, d'hexyle, d'heptyle, de butyle.* Note de M. **Robert Levaillant**, présentée par M. Robert Lespieau.

On sait [1] comment les sulfates symétriques d'éthyle, de propyle ou de butyle prennent naissance dans l'action des chlorosulfonates de ces radicaux sur les sulfites correspondants. Le même procédé fournit les sulfates symétriques d'amyle, d'hexyle, d'heptyle.

1. *Sulfate symétrique d'amyle normal* $SO^4[(CH^2)^4CH^3]^2$. — Il s'obtient en chauffant pendant 5 heures, vers 85° et avec une trace de chlorure de zinc, un mélange équimoléculaire de chlorosulfonate d'amyle et de sulfite

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 648. Dans cette Note, pour le point d'ébullition du sulfate dibutylique, page 650, ligne 14, *lire* 117° sous 5mm,5 environ, *au lieu de* 117° sous 3mm,5 environ.

diamylique, puis en lavant à l'eau, extrayant à l'éther de pétrole, desséchant sur sulfate neutre de sodium, filtrant et distillant sous quelques millimètres (rendement 55 pour 100). Le sulfate diamylique fond à 13-13°,5 et bout à 128-130° sous 3mm environ. Densité $d_{0^\circ}^{20^\circ} = 1{,}029$ (variation 0,00094 par degré); indice $n_D^{20^\circ} = 1{,}429$ (S pour 100 trouvé 13,52; théorique 13,46).

2. *Sulfate symétrique d'hexyle normal* $SO^4[(CH^2)^5CH^3]^2$. — J'ai préparé de l'alcool hexylique normal en faisant agir le trioxyméthylène sur le bromure d'amylmagnésium. 12g de cet alcool m'ont donné, par action sur le chlorure de sulfuryle, 18g de chlorosulfonate d'hexyle normal (rendement 77 pour 100). Ce composé est un liquide incolore, lacrymogène, qui bout à 81° sous 2mm,5 environ. Densité $d_{0^\circ}^{0^\circ} = 1{,}178$ ou $d_{0^\circ}^{22^\circ} = 1{,}156$; indice $n_D^{13^\circ} = 1{,}437$ ou $n_D^{22^\circ} = 1{,}4335$ (Cl pour 100 trouvé 17,77; théorique 17,67).

J'ai, d'autre part, au moyen du chlorure de thionyle et de l'alcool hexylique, préparé du sulfite dihexylique avec un rendement de 50 pour 100. Il bout à 133° sous 3mm,5 à 4mm, ou à 156° sous 11mm. Densité $d_{0^\circ}^{0^\circ} = 0{,}971$ ou $d_{0^\circ}^{22^\circ} = 0{,}953$; indice $n_D^{20^\circ} = 1{,}440$ ou $n_D^{13^\circ} = 1{,}443$ (S pour 100 trouvé 12,75; théorique 12,81). L'action du chlorosulfonate sur le sulfite (vers 90° pendant 5 heures) conduit, avec un rendement de 70 pour 100, au sulfate dihexylique, liquide incolore, de densité $d_{0^\circ}^{21^\circ} = 1{,}0036$ et d'indice $n_D^{21^\circ} = 1{,}433$ (S pour 100 trouvé 12,10; théorique 12,04).

3. *Sulfate symétrique d'heptyle normal* $SO^4[(CH^2)^6.CH^3]^2$. — 116g d'alcool heptylique normal et 135g de chlorure de sulfuryle ont fourni 80g de chlorosulfonate d'heptyle passé à 90°-92° sous 2mm,5 à 3mm. Le rendement (37 pour 100) s'est trouvé limité par une décomposition. Ce chlorosulfonate est un liquide incolore, lacrymogène. Densité $d_{0^\circ}^{15^\circ} = 1{,}130$; indice $n_D^{15^\circ} = 1{,}439$. Au contact du sulfite diheptylique (vers 90°), il engendre le sulfate. La réaction donne un goudron que l'on traite comme il sera indiqué plus loin; cette fois, c'est par cristallisation fractionnée que l'on isole le sulfate. Le sulfate diheptylique fond à 13°. Densité $d_{0^\circ}^{23^\circ} = 0{,}983$ (variation 0,0009 par degré); indice $n_D^{23^\circ} = 1{,}436$ (S pour 100 trouvé 10,79; théorique 10,89).

4. Il n'est nullement nécessaire, dans ces préparations, de partir d'un chlorosulfonate pur, préalablement isolé; il est commode de le remplacer par le produit brut que donnent l'alcool employé et le chlorure de sulfuryle.

Premier exemple : sulfate diheptylique. — Le produit de l'action de 42g d'alcool heptylique normal sur 50g de chlorure de sulfuryle a été, pendant quelques instants,

porté à 50° dans le vide de la trompe à eau (pour éliminer HCl), puis mélangé avec 90g de sulfite diheptylique contenant un fragment de $ZnCl^2$. On a chauffé 7 heures à 80°-90° (dégagement de SO^2) et lavé à l'eau le liquide refroidi; après addition d'éther, la couche supérieure décantée, séchée sur SO^4Na^2 et filtrée, a été fractionnée sous pression réduite. On a recueilli du chlorure d'heptyle, puis de l'oxyde d'heptyle $(C^7H^{15})^2O$ passé entre 90° et 115° sous 3mm. Après quelques minutes de chauffage à 150° sous 3mm, le résidu a été repris par le pentane normal en excès; un goudron noir s'est séparé. Le départ du solvant (sous pression ordinaire d'abord, dans le vide ensuite), a laissé 52g de sulfate brut coloré en noir (rendement, 54 pour 100). On en a extrait du sulfate pur, complètement incolore, par plusieurs cristallisations dans le pentane (ou l'éther de pétrole) que l'on saturait à la température ordinaire et que l'on refroidissait ensuite par glace et sel.

Deuxième exemple : *Sulfate dibutylique.* — Le produit de l'action de 74g d'alcool butylique normal sur 135g de chlorure de sulfuryle a été ajouté par petites portions à 175g de sulfite dibutylique additionné d'un fragment de $ZnCl^2$ et chauffé à 95°-100° (pendant 4 heures). Après traitement convenable, la distillation finale a fourni 95g,5 de sulfate. Rendement 50 pour 100. Le sulfate dibutylique bout à 112° sous 3mm,5 environ.

5. Bref, neuf éthers symétriques de l'acide sulfurique ont jusqu'ici été préparés en utilisant la réaction

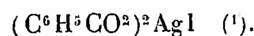


$$ClSO^3R + SO^3R^2 = SO^4R^2 + RCl + SO^2$$

catalysée par une trace de chlorure de zinc anhydre. La méthode semble applicable chaque fois que le chlorosulfonate n'est pas trop instable; elle est apte, en particulier, à fournir la série des sulfates symétriques des alcools normaux $C^nH^{2n+1}OH$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le complexe iodoargentobenzoïque agent d'iodation; structure probable du complexe.* Note de M. **Charles Prévost**, présentée par M. Robert Lespieau.

Au produit de l'action de l'iode sur le benzoate d'argent en suspension dans le benzène, j'ai attribué la formule globale



$$(C^6H^5CO^2)^2AgI \quad (^1).$$

J'en ai signalé les propriétés oxydantes, et l'action sur les composés éthyléniques, nouvelle synthèse des glycols.

Les acétyléniques vrais agissent d'une toute autre façon.

---

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1129.

Avec le phénylacétylène en particulier, j'ai pu observer la réaction globale à peu près quantitative



$$(C^6H^5CO^2)^2AgI + C^6H^5 - C \equiv CH = C^6H^5CO^2Ag + C^6H^5CO^2H + C^6H^5 - C \equiv CI.$$

L'iodophénylacétylène a été identifié par ses constantes physiques et par le point de fusion de son diiodure



$$C^6H^5 - CI = CI^2.$$

L'acide benzoïque et le benzoate d'argent libérés ont été dosés; les quantités trouvées vérifient l'équation ci-dessus.

Toutefois, si l'iodoacétylénique apparaît immédiatement à froid, dès l'addition de l'acétylénique, l'acide benzoïque et le benzoate d'argent ne se forment que plus lentement; tout se passe comme s'il y avait formation intermédiaire d'un complexe

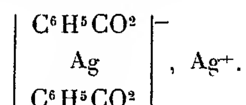


$$(C^6H^5CO^2)^2AgH,$$

spontanément dissociable.

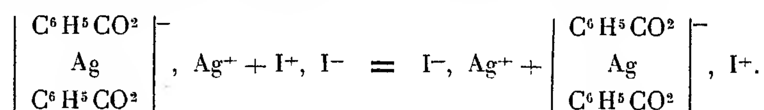
Voici la façon la plus simple d'interpréter la formation du complexe iodoargentobenzoïque et cette nouvelle réaction.

Le benzoate d'argent existerait sous forme bimoléculaire, constituant un complexe de l'argent bicoordonné, le dibenzoargentate d'argent.



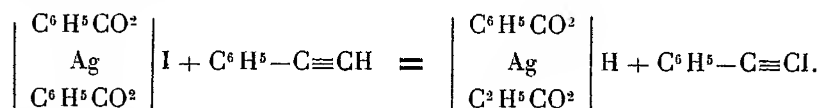
$$\left|\begin{matrix} C^6H^5CO^2 \\ Ag \\ C^6H^5CO^2 \end{matrix}\right|^-, Ag^+.$$

L'iode moléculaire y remplacerait l'ion Ag^+ par un ion I^+



$$\left|\begin{matrix} C^6H^5CO^2 \\ Ag \\ C^6H^5CO^2 \end{matrix}\right|^-, Ag^+ + I^+, I^- = I^-, Ag^+ + \left|\begin{matrix} C^6H^5CO^2 \\ Ag \\ C^6H^5CO^2 \end{matrix}\right|^-, I^+.$$

Le complexe iodoargentobenzoïque serait le dibenzoargentate d'iode. En présence d'un acétylénique vrai, il formerait l'iodoacétylénique et l'acide dibenzoargentique



$$\left|\begin{matrix} C^6H^5CO^2 \\ Ag \\ C^6H^5CO^2 \end{matrix}\right| I + C^6H^5 - C \equiv CH = \left|\begin{matrix} C^6H^5CO^2 \\ Ag \\ C^2H^5CO^2 \end{matrix}\right| H + C^6H^5 - C \equiv CI.$$

L'acide dibenzoargentique se dédoublerait ensuite lentement.

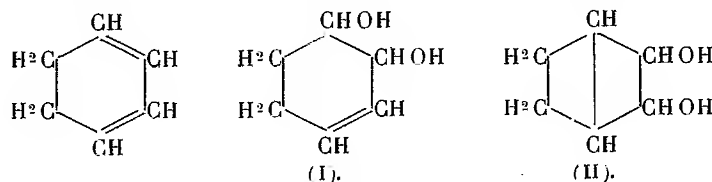
L'acétylène lui-même agit de façon analogue. Il se forme successivement

l'iodoacétylène, puis le diiodoacétylène. Ce dernier a été caractérisé par son point de fusion et par sa transformation en *diiodoforme* $CI^2{=}CI^2$.

Les iodoacétyléniques agissent ensuite par addition sur un excès de complexe et forment divers iodobenzoates vinyliques; l'un d'eux cristallisé a pu être isolé; mais ces corps ne semblent pas avoir en synthèse l'intérêt des composés d'addition des éthyléniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution du cyclohexène-Δ-3.4-diol-1.2 et sur quelques dérivés α.β de l'acide adipique.* Note (¹) de MM. **Pierre Bedos** et **Adrien Ruyer**, transmise par M. Paul Sabatier.

Nous avons fait connaître récemment (²) un α-glycol non saturé de la série cyclohexanique $C^6H^{10}O^2$, F. = 77°, dibromure F. = 130-131°, dibenzoate F. = 77°, obtenu par hydratation du monooxyde du cyclohexadiène-1.3. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, ce glycol pouvait être considéré comme étant vraisemblablement le cyclohexène-Δ-3.4-diol-1.2 (schéma I), mais, étant donné son mode d'obtention à partir du cyclohexadiène à doubles liaisons conjuguées, une structure bicyclique (schéma II) ne pouvait pas être rejetée d'office, et il nous a paru intéressant de déterminer sa constitution avec certitude. La présente Note a pour objet de faire connaître les travaux effectués dans ce but.



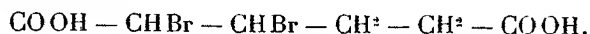
Ce glycol fournit un ozonide bien cristallisé et la solution d'hydrolyse présente les caractères des aldéhydes, mais nous n'avons pas réussi à isoler la dialdéhyde glycol. Traitée par l'oxyde d'argent [$NO^3Ag + Ba(OH)^2$], elle fournit uniquement de l'acide succinique, terme ultime de sa dégradation.

Par contre, l'oxydation du bibromure du glycol (F = 130°-131°) nous a permis d'obtenir des faits précis relatifs à la structure de ce glycol. Oxydé

(¹) Séance du 4 mars 1935.

(²) Bedos et Ruyer, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 625.

par l'acide chromique en solution hydrosulfurique, d'après la technique de Thiele ([1]), il fournit, avec un rendement de 75 pour 100, un acide α-β-dibromoadipique F = 143° (cristallisé dans un mélange d'acétone anhydre et de benzène) :



$$COOH - CHBr - CHBr - CH^2 - CH^2 - COOH.$$

Cet acide se laisse titrer correctement par les bases à froid. Vers 80°, il est rapidement hydrolysé en solution aqueuse maintenue neutre par addition d'une base alcaline, et la quantité de base utilisée correspond assez bien à la quantité théorique (erreur de 5 pour 100 environ en moins).

De nombreux essais d'obtention de sels insolubles de l'acide α-β-dihydroxyadipique ont été tous sans succès, et nous avons pu constater en outre, dans divers cas, que le métal n'est pas précipité par les bases alcalines. Il semble que ce diacide possède une aptitude très marquée à former des complexes, comme l'acide tartrique, dont il est un homologue. Le manque de produit ne nous a pas permis de poursuivre cette étude, et nous avons dû renoncer momentanément à isoler ce diacide-α-glycol, mais nous avons tenu à vérifier que l'oxydation permanganique de la solution d'hydrolyse de l'acide dibromoadipique fournit bien de l'acide succinique et de l'acide oxalique.

L'acide dibromoadipique, traité par le zinc dans l'acide acétique cristallisable, ou mieux en milieu hydrosulfurique, fournit avec un rendement de 70 à 75 pour 100 un mélange d'acides déshalogénés dans lequel prédomine un diacide éthylénique cristallisant de l'eau en arborescences fines et friables, fusibles à 210° (28^g d'acide dibromoadipique fournissent environ 10^g d'acides cristallisés, d'où l'on retire 7^g de diacide F. = 210° pur).

Celui-ci est un acide hexène-Δ.2-3-dioïque-1-6



$$COOH - CH = CH - CH^2 - CH^2 - COOH$$

isomère stéréochimique de l'acide Δα.β-dihydromuconique F. = 169° de Rupe ([2]), obtenu par isomérisation de l'acide Δβ.γ-dihydromuconique F. = 195° provenant de la réduction de l'acide dichloromuconique, ou de l'acide muconique, ou de l'acide diacétylènedicarbonique ([3]).

([1]) *Ann. Chem.*, **313**, 1900, p. 296.

([2]) *Ann. Chem.*, **256**, 1890, p. 13.

([3]) Bode, *Ann. Chem.*, **132**, 1864, p. 98; Limpricht, *Ann. Chem.*, **165**, 1873, p. 262; Baeyer, *D. ch. G.*, **18**, 1885, p. 680; Rupe (*loc. cit.*); Ruhemann, Blackmann et Elliot, *Chem. Soc.*, **57**, 1890, p. 371, 931 et 937.

Si l'on essaie de doser la double liaison de cet acide par le brome naissant ($KBr + KBrO^3 + H^2SO^4$), on trouve toujours des résultats trop faibles et variables. Cette observation est en accord avec les résultats obtenus par Rupe dans la bromuration directe de son stéréoisomère : malgré diverses tentatives, ce diacide éthylénique ne lui a pas fourni le dérivé dibromé d'addition, mais seulement un dérivé monobromé de substitution, tandis que l'acide $\Delta\beta.\gamma$-dihydromuconique donne bien le dérivé dibromé d'addition.

En solution dans l'alcool méthylique absolu et en présence de platine, il fixe rapidement la quantité théorique d'hydrogène en se transformant intégralement en acide adipique (F = 148°). Oxydé par le permanganate de potassium en milieu alcalin, il est scindé en acide oxalique et acide succinique [1] : les rendements en ces deux acides atteignent respectivement 63 pour 100 et 75 pour 100 des rendements théoriques.

Ces résultats semblent ne laisser aucun doute sur la constitution de l'acide hexène-Δ-2.3-dioïque-1.6 et sur l'acide α-β-dibromoadipique que nous signalons, et par suite sur celle du glycol mis en œuvre pour les obtenir; joints aux travaux publiés antérieurement (*loc. cit.*) ils permettent de lui assigner la structure du cyclohexène-Δ-3.4-diol-1.2 Trans.

MINÉRALOGIE. — *Sur la variation du volume et les modifications du réseau des sépiolites en fonction de la température.* Note [2] de M. **Georges Migeon**.

Nous avons étudié les variations du volume en fonction de la température de plusieurs échantillons de sépiolite et reproduisons ci-contre six des courbes dilatométriques obtenues, correspondant à six échantillons dont nous avons établi antérieurement les courbes de déshydratation [3] avec la même loi d'échauffement linéaire de 25° à 1000° en 8 heures dans ces deux études.

Sépiolites de I, Salinelle; II, Ampandraudava; III, Cabanas; IV, Coulommiers; V, Schumla; VI, Mogador.

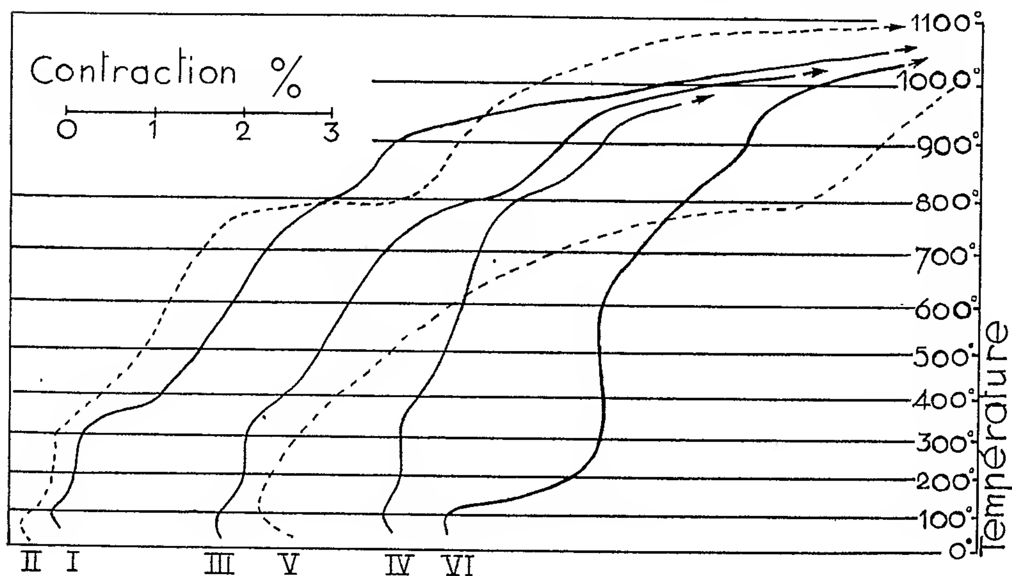
Ces courbes montrent une évolution thermique affectée d'anomalies importantes

(1) Dans tous nos essais l'acide oxalique a été isolé sous forme d'oxalate de Ca et dosé par MnO^4K; l'acide succinique a été séparé sous forme de sel d'argent et libéré par H^2S (F = 185°, avec épreuve du mélange).

(2) Séance du 18 février 1935.

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 471.

dont certaines sont parallèles à celles mises en évidence par la déshydratation et d'autres indépendantes. La méthode d'étude dilatométrique accentue la netteté des premières. Celles-ci, comme lors de l'étude de la déshydratation, se produisent pour des températures quelque peu variables d'un échantillon à l'autre. D'autre part, bien



que la loi d'échauffement fut la même dans ces deux études, il n'y a pas concordance absolue entre les intervalles de température définissant chaque anomalie.

L'allure générale du phénomène peut se résumer de la façon suivante :

Contraction rapide de 220° à 460°, se produisant avec une vitesse maximum à 350° = 0,5 à 1,35 % (contraction linéaire). Contraction lente et régulière de 460 à 750° = 0,59 à 1,16 %. Contraction importante de 750° à 840° = 1,2 à 2,5 %. Contraction faible de 840° à 900°-950° = 0,4 à 1 %. Contraction très rapide de 900°-950° à 1100° = 7 %.

Étude au moyen du rayonnement X. — La méthode des radiogrammes de poudre a été utilisée pour l'étude des sépiolites à froid et pendant leur évolution thermique. Les méthodes de déshydratation avec enregistrement continu et de dilatométrie avec enregistrement continu permettent de poursuivre une telle étude de façon systématique par prélèvement du produit à examiner à telle ou telle phase de son évolution sans être gêné par les variations de température qui se présentent dans la définition d'une même phase d'un échantillon à l'autre.

Espacements réticulaires observés de 25° à 1300°, exprimés en Angströms en considérant chaque réflexion comme étant de premier ordre.

25° à 600°..	11,35 intense	4,46 intense	3,78	3,41	3,21 à 3,32	2,62 intense	2,43	1,90	1,72	1,54	1,32
600° à 750°..	flou	4,46 intense	3,78	3,14	3	2,62 intense	2,43	flou	flou	flou	1,32
750° à 820°..	disp.	4,46 affaibli	3,78	3,14	3	2,56	2,43	flou	flou	flou	1,32
				Enstatite.							
820° à 900°..	–	disp.	–	3,14	2,96	2,56	disp.	–		1,64	disp.
1100°........	–	4,15 faible cristobal.	–	3,20	2,96	2,56		2		1,64	1,50
1300°........	–	4,15 intense	–	3,23	3,01	2,59	2,35	2,01		1,64	1,52

En résumé, les résultats de l'analyse spectrographique par les rayons X nous conduisent aux conclusions suivantes :

1° Toutes les sépiolites possèdent un réseau initial commun suffisamment caractéristique malgré les variations de certains espacements réticulaires d'un échantillon à l'autre (cas de l'espacement réticulaire 3,21 à 3,32 Å).

2° Au cours de l'évolution par échauffement, nous n'avons pas constaté de destruction brusque du réseau initial, les modifications paraissent se faire progressivement et lentement dans un certain intervalle de température.

3° Dans les conditions de chauffage des expériences décrites, le réseau se comporte de la façon suivante : jusqu'à 600°, aucune modification importante; de 600° à 750°, évolution du réseau ; entre 750° et 820°, apparition de l'enstatite ; à 1100°, apparition de cristobalite ([1]).

La combinaison des résultats obtenus par les courbes de déshydratation et de dilatométrie et par l'analyse spectrographique, nous permet d'attribuer aux sépiolites les caractéristiques suivantes :

1° Anomalie de déshydratation vers 300° suivie d'une contraction paraissant sans action importante sur le réseau.

2° De 460° à 750°, départ d'eau lent et continu, contraction lente. A 600°, début de transformation du réseau.

3° A 750°, départ d'eau brusque, contraction brusque et importante. Apparition de l'enstatite.

4° De 850° à 900°, contraction faible.

([1]) La formation de l'enstatite et de la cristobalite, à partir de la sépiolite d'Ampandradava, a été signalée par Mlle Caillère (*Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1626).

5° A partir de 900°-1000°, la déshydratation est terminée, contraction très rapide et importante correspondant à une phase visqueuse. La silice, mise en liberté par suite de la formation de l'enstatite, passe à l'état de cristobalite.

Les températures moyennes indiquées ci-dessus sont celles qui correspondent aux conditions d'échauffement adoptées pour ces essais. Nous avons constaté que certaines d'entre elles étaient modifiées par des conditions de chauffage différentes.

MINÉRALOGIE. — *Sur la sépiolite d'Ampandrandava (Madagascar)* (1). Note de M. **Henri Longchambon**.

I. Par sa structure fibreuse ce minéral se prête à l'obtention de radiogrammes de diffraction X par rotation de 360° autour de la direction d'allongement des fibres. De tels radiogrammes effectués avec le rayonnement K_α du cuivre et K du fer sont nets. Ils prouvent que la direction des fibres est un axe cristallographique important suivant lequel la période est $c = 5,32$ Å. L'étude de ces radiogrammes permet d'établir, sous les réserves qu'imposent l'impossibilité de rotations partielles autour de l'axe c et de toute rotation simple autour d'une autre direction, les caractéristiques suivantes pour la maille cristalline de ce que nous appellerons la sépiolite I :

Maille monoclinique très voisine d'une maille orthorhombique ($\beta = 90°$ à $93°$) :

$$a = 2 \times 11,6 = 23,2\ \text{Å}; \qquad b = 2 \times 7,85 = 15,7\ \text{Å}; \qquad c = 5,32\ \text{Å}$$

avec possibilité de doublement de a en $a' = 4 \times 11,6 = 46,4$ Å.

Par comparaison avec les structures bien établies de divers pyroxènes et amphiboles fibreux, on peut immédiatement envisager que la sépiolite est formée de chaînes silicium-oxygène ininterrompues, de composition probable Si^4O^{11}, allongées suivant la direction des fibres et reliées latéralement entre elles par des atomes de magnésium et des ions OH. On verra ci-dessous une confirmation curieuse de cette hypothèse que l'étude de la formule des sépiolites confirme également.

---

(1) Cf. Mlle S. Caillère, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 416; 199, 1934, p. 1626 et G. Migeon, *ibid.*, 200, 1935, p. 471.

II. Par la même méthode d'examen on peut suivre les modifications permanentes du réseau imposées par une élévation de température et par la perte d'eau corrélative. Un même échantillon a été soumis à des températures croissant par paliers entre 20° et 1000° et examiné à froid après un séjour de 12 heures à chacun des paliers. Dans ces conditions on constate les faits suivants :

A 110° (perte d'eau 10,5 pour 100) aucune modification du réseau. A 300° s'amorce une transformation progressive devenant rapide vers 330-350°, presque terminée à 400° et complète à 500°. Après chauffage à 500°, le radiogramme est redevenu aussi net que celui de départ. La période suivant la direction des fibres est restée rigoureusement la même, mais la disposition des nombreuses taches sur les lignes de divers ordres c est entièrement différente. La maille de cette forme que nous appellerons la sépiolite II peut-être définie ainsi :

Orthorhombique : $a = 2 \times 10,3$ avec possibilité douteuse $a' = 2a$, ou $b = 2 \times 8,3$ avec possibilité $b' = 1/2\ b$ extrêmement voisine $c = 5,32$.

Par rapport à la structure avant chauffage, outre le dédoublement possible de la période b, on observe donc une contraction de 2,6 Å pour la période a, et une dilatation de 0,9 Å pour la période b, correspondant à une diminution de volume de 6 à 7 pour 100 environ (dans les limites de précision des mesures) et à des changements importants de propriétés physiques évoqués ci-dessous paragraphe III. Cette contraction porte uniquement sur l'*épaisseur* des fibres, par départ de molécules d'eau, les chaînes silicium-oxygène alignées suivant l'axe de fibres restant intact. Il y a induction irréversible (et non polymorphisme ni exactement paramorphisme) de la sépiolite I à la sépiolite II.

La sépiolite II est parfaitement stable jusqu'à 750°. De 750° à 780° une série de transformations importantes survient : la structure précédente se désorganise et l'on passe par une phase où le radiogramme, même à pose très prolongée, ne montre plus qu'un rayonnement diffusé presque uniformément et où l'absence du rayonnement diffusé par une périodicité moyenne qui caractérise généralement les corps amorphes est remarquable. Dans cette phase, difficile d'ailleurs à saisir, la périodicité de distribution de la matière perpendiculairement aux fibres a presque complètement disparu (rares taches très floues à peine perceptibles), mais elle doit subsister dans la direction des fibres. Ce qui le prouve c'est l'apparition, dès 780°, *d'un nouveau radiogramme de fibres orientées comme les premières*,

avec la même période $c = 5{,}32$ Å dans cette direction, paraissant pouvoir être rapporté à un radiogramme de réseau d'enstatite dilaté.

De 750° à 780° on assiste donc à une destruction à peu près complète des liaisons latérales entre les chaînes silicium-oxygène, puis à leur reconstitution sous forme d'enstatite. En même temps les chaînes, de composition probable Si^4O^{11}, s'ouvrent sans que leur périodicité en longueur soit détruite, pour donner des chaînes SiO^3 et libérer la silice en excès pour cette nouvelle structure. Il est remarquable que cette silice apparaisse directement sous forme de cristobalite, donnant un radiogramme « de poudre » superposé au radiogramme « de fibres » d'enstatite et ce à des températures variables, parfois dès 950-1000° (dès 850° dans un cas resté unique). On peut voir là une induction de la structure résiduelle de la silice expulsée à la structure de la cristobalite.

III. Les modifications que nous venons de décrire se marquent également dans l'analyse dilatométrique, dans l'analyse thermique et dans l'étude de la déshydratation. Cette dernière étude est particulièrement importante pour l'établissement des formules et des structures des sépiolites I et II. Nous l'avons reprise et avons obtenu des résultats intéressants, mentionnés succintement ci-dessous :

a. La sépiolite I est une véritable zéolite magnésienne possédant toutes les propriétés des zéolites proprement dites.

b. La sépiolite II n'a plus ces propriétés.

c. La majeure partie de l'eau des sépiolites est de caractère « zéolitique » mais avec deux degrés de mobilité. Une petite quantité est partie nécessaire du réseau et probablement des chaînes Si^4O^{11}.

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles sur le Secondaire de l'Anti-Elbourz* (*Perse*). Note de M. **André Rivière**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Dans le massif de Sépaieh, situé à l'est de Téhéran, je viens de découvrir (en compagnie de deux collaborateurs, MM. Behzad et Yazdanian), à quelques kilomètres au nord-est du lieudit Ghargh Tchechme, de l'Aalénien fossilifère à Térébratules, Rhynchonelles et *Harpoceras* (*Ludwigia*) *Murchisonæ* Sowerby. La découverte de ce niveau permet de préciser la stratigraphie du Secondaire de cette région de l'Anti-Elbourz, dans lequel le Lias n'avait pas encore été signalé.

La partie inférieure du Lias est représentée par des marnes noires schisteuses à rares débris de plantes, dont le faciès est tout à fait identique à celui des couches contemporaines de l'Elbourz (*stricto sensu*). Au-dessus viennent des marnes moins foncées, avec intercalations marno-calcaires, contenant la faune signalée plus haut.

Le Jurassique ne paraît être représenté que par des calcaires blancs à rares Brachiopodes, sans doute réduits par l'érosion à quelques lambeaux avant le dépôt des couches sus jacentes. Celles-ci sont constituées par une énorme épaisseur de dépôts détritiques rougeâtres, poudingues et grès grossiers, au milieu desquels s'intercale un niveau calcaire sans fossiles, d'une cinquantaine de mètres d'épaisseur. Ces formations sont fortement redressées ou plissées et recouvertes en discordance par le Crétacé transgressif, débutant par des couches graveleuses à Bryozoaires et à petites *Exogyra*, d'âge vraisemblablement cénomanien.

Dans cette région de l'Anti-Elbourz, le Crétacé inférieur et probablement aussi le sommet du Jurassique paraissent donc caractérisés par l'accumulation d'une série détritique extrêmement épaisse. La grossièreté et la rubéfaction intense de ses éléments laissent supposer la proximité d'une région émergée relativement étendue et à climat chaud, peut-être subdésertique. Cette émersion et l'ampleur de la discordance mettent en évidence la puissance de la phase orogénique anté-cénomanienne, puissance que j'avais antérieurement soupçonnée [1].

La direction des axes tectoniques y varie entre le Nord-Est et l'Est, le déversement assez accentué se fait généralement entre le Sud et le Sud-Est. La grande différence de plasticité des différentes couches s'est traduite : 1° par la formation d'écailles amenant des répétitions; 2° par l'extrusion (au sens de Viennot), au travers des couches détritiques rouges, du calcaire jurassique qui se présente en lambeaux relativement indépendants des lignes tectoniques générales.

Quant aux couches graveleuses à Bryozoaires discordantes sur ce complexe plissé, elles sont particulièrement intéressantes. Je les ai retrouvées sous un faciès légèrement différent, mais avec les mêmes Bryozoaires, dans le nord de l'Elbourz, près du village de Pouhl (Koudjour). Elles sont là fortement discordantes sur le Dinantien fossilifère, ce qui est une nouvelle preuve de l'érosion anté-cénomanienne. Ces couches à Bryozoaires

---

[1] A. Rivière, *Rev. Géographie physique et de Géologie dynamique*, 7, 1934, fasc. 1 et 2, p. 53.

paraissent donc constituer un niveau stratigraphique relativement général et un repère très important, correspondant au début de la transgression cénomanienne.

GÉOLOGIE. — *Présence de microdiaclases dans les éclats de silex. Leur importance dans les colorations artificielles des microfossiles et en particulier des Foraminifères.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Dans un travail en cours d'impression ([1]), j'ai fait état de colorations obtenues sur des contenus loculaires de Foraminifères inclus dans des silex et n'affleurant pas la surface usée des éclats examinés. Cette coloration impliquait une certaine perméabilité de la masse siliceuse, inexplicable dans l'état de nos connaissances. Or des expériences récentes m'ont montré que les éclats de silex présentaient une infinité de fentes microscopiques, de *microdiaclases*, pratiquement invisibles dans les conditions habituelles de l'observation. Ces microdiaclases ont pu être mises en évidence d'une façon parfaite par la méthode suivante :

L'éclat, collé sur lame et usé à l'émeri, est longuement (2 à 4 heures) immergé dans une solution hydro-alcoolique forte de violet Dahlia. (D'autres couleurs d'aniline, la fuschine basique par exemple, peuvent être employées, mais sont moins pratiques). Après violent lavage à l'eau, on essuie rapidement la surface du silex, d'abord avec un chiffon légèrement imbibé d'essence de girofle ou d'alcool à 90°, puis avec une étoffe sèche. On dépose une goutte d'huile de lin et l'on examine avec un objectif à immersion. Les microdiaclases, dans lesquelles le colorant s'est infiltré et déposé, apparaissent avec une grande netteté. Un lavage prolongé à l'alcool peut les rendre ensuite de nouveau invisibles, ou à peu près.

Ces microdiaclases sont constituées par des fentes, rectilignes ou brisées, ramifiées, confluant partiellement, dont les plus larges n'ont qu'une fraction de micron, les plus étroites paraissant voisines de la limite de la visibilité. Toutes s'amincissent assez brusquement vers les bords. A un grossissement moyen, l'ensemble de ces diaclases donne l'aspect d'un réseau dont les mailles, disposées dans un ordre relatif, ne se rejoindraient que tout à fait irrégulièrement. Dans ce qui a été observé, la profondeur de la pénétration du colorant dans la masse ne dépasse guère une centaine

([1]) Dans le *Bulletin biologique*, 69, 1935.

de microns. Elle paraît être du même ordre de grandeur que la plus grande dimension des diaclases (environ 150$^{\mu}$), dont la majorité oscillent autour de 50 à 80$^{\mu}$. Exceptionnelles sont celles qui atteignent plusieurs millimètres, et peuvent alors être considérées comme de véritables cassures.

Une question importante se pose, qui n'est d'ailleurs pas résolue : c'est de savoir si ces diaclases *préexistaient dans les silex* desquels les éclats ont été détachés, ou bien s'il s'agit *d'une structure secondairement acquise*, et due à la percussion du marteau, voire même aux vibrations provoquées par l'usure à l'émeri, ou encore, peut-être, aux deux causes à la fois ([1]).

La présence de microdiaclases dans les silex qui n'ont subi aucun choc pourrait s'expliquer facilement par les contractions dues au passage d'une partie de la masse, de la structure non cristalline de l'opale à la structure cristalline de la calcédonite. Mais cette présence originelle n'est encore nullement prouvée.

La structure moléculaire instable des silex expliquerait aussi très bien la production des microdiaclases sous l'influence des ondes déterminées par une percussion suffisante pour détacher des éclats ([2]). *A priori*, c'est cette dernière hypothèse qui semble devoir être retenue actuellement. Il faut noter qu'au premier abord, il ne paraît pas y avoir un étroit rapport entre les microdiaclases et les grains de calcédonite. Toutefois, les fentes m'ont paru courir dans la masse de l'opale, sans passer au travers de ces cristaux de calcédonite.

Quelle que soit d'ailleurs l'origine des diaclases qui nous occupent, leur importance est grande, car c'est grâce à elles que je puis montrer ailleurs (*loc. cit. supra*) que de la matière organique colorable est conservée à l'intérieur de loges de Foraminifères noyés dans les silex. *Ainsi s'expliquent, d'une manière générale, les colorations de microfossiles obtenues sur des spécimens entièrement inclus dans la silice.*

Il n'est pas impossible que cette microtexture, acquise ou non, présente un intérêt pour ce qui regarde l'utilisation millénaire des propriétés clastiques des silex.

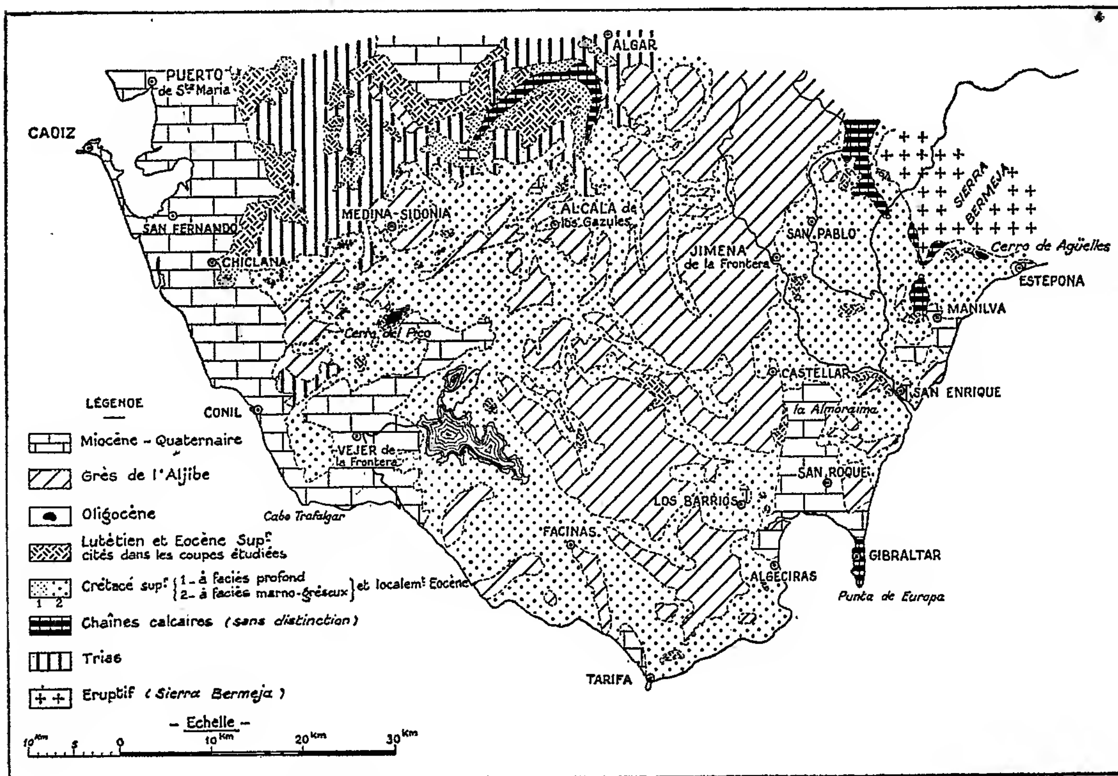
([1]) Les surfaces des éclats non aplanis par usure ne semblent pas présenter de microdiaclases.

([2]) L'instabilité originelle des silex est, par ailleurs, démontrée par leur fragmentation et leur remaniement dans la couche même où ils ont pris naissance, sans le concours d'actions dynamiques spéciales [L. Cayeux, *Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses* (*Mém. Carte Géol. France*, 1929, p. 593)].

Enfin la méthode que j'ai utilisée ici, dont le principe n'est d'ailleurs pas nouveau, mérite sans doute d'être appliquée plus souvent dans l'étude micrographique des roches, où elle peut permettre de déceler des structures, absolument imperceptibles sans son concours.

GÉOLOGIE. — *Extension des formations du Crétacé supérieur, de l'Éocène et de l'Oligocène de la Série du Flysch dans le Sud de la Province de Cadix.* Note ([1]) de M. **Albert Robaux**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai étudié ([2]) les différents niveaux de la série du Flysch dans le Sud de la Province de Cadix. La carte ci-dessous, qui permet de situer les coupes



décrites, montre aussi l'extension de ces formations et leurs variations de faciès.

([1]) Séance du 4 mars 1935.

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 478 et 683.

Le Crétacé supérieur, de type Flysch, avec marnes et grès alternés, est très largement étendu entre les côtes méditerranéenne et atlantique, au Sud-Est d'une ligne allant de Médina-Sidonia à Algar. Au Nord-Ouest de cette ligne, les grès et les marnes passent assez brusquement à des marnes blanches dont la faune, étudiée par MM. Lacoste et Rey, comporte : *Rosalina Linnei*, *Gumbelina*, *Planoglobulina*, *Pulvinulinella*, *Ventilabrella et Pseudotextularia fructicosa*. Des calcaires crayeux y sont associés et montrent aussi *Rosalina Linnei*. Ainsi, à l'extérieur des Chaînes calcaires, le Crétacé supérieur passe à un faciès plus profond d'où les grès sont absents.

L'Éocène moyen est nettement transgressif sur toute la région étudiée, où il est très différent du Crétacé : alors que le Lutétien est représenté par des brèches, dont les éléments sont empruntés aux massifs voisins (exception faite pour la Sierra Bermeja), le Crétacé est franchement gréseux ou marneux et ne comporte jamais de niveaux bréchoïdes. Cette observation est importante et mérite une étude plus approfondie avant tout essai d'explication.

Le Lutétien et l'Éocène supérieur ont été bien représentés dans toute la région étudiée puisqu'on en trouve des vestiges de Cadix à Estepona et à Tarifa. Mais l'érosion n'a laissé de ces formations que des lambeaux discontinus, n'ayant parfois que quelques dizaines de mètres d'extension. Sur la carte, je n'ai figuré que les affleurements cités dans les Notes précédentes; mais il en existe d'autres, que des levers de détail révéleraient, avec la même disposition au sommet des collines ou dans le creux des synclinaux.

Cet Éocène présente trois caractères intéressants :

1° une constance très grande de certains niveaux de base;

2° un passage latéral à des grès, vers Tarifa;

3° une puissance beaucoup plus grande vers la marge extérieure des chaînes calcaires; il en résulte que la zone d'épaisseur maximum de l'Éocène correspond sensiblement à la région où le Crétacé a un faciès profond.

L'Oligocène qui existe à Estepona et à Medina-Sidonia a dû également s'étendre largement sur tout le Sud de la Province de Cadix. Toutes les passées gréseuses sont à grains fins. A leur faciès s'oppose le type beaucoup plus grossier des grès de l'Aljibe, excellemment définis par D. Juan Gavala dans son analyse des régions pétrolifères d'Andalousie [1]. Comme celui-ci

---

[1] *Boletin del Instituto geologico de España*, 2e série, 17, 1924, p. 29 à 208.

l'a très bien vu, ces grès sont stériles et discordants sur leur substratum et leur place, sur l'Oligocène daté, est par suite très élevée.

Les diverses formations que j'ai décrites s'harmonisent avec celles du Rif.

Le Crétacé supérieur à faciès Flysch est désormais connu depuis la périphérie de la dorsale calcaire du Rif Espagnol jusqu'en plein pays gaditan. Mais là, on note son passage vers le Nord-Ouest à un faciès plus bathyal.

L'Eocène moyen, formé de conglomérats dans la dorsale rifaine et étendu au pourtour de celle-ci sous un aspect moins détritique, se retrouve dans la Province de Cadix avec cette nuance que le faciès bréchoïde y décrit une auréole de 25 à 30^{km} en marge des chaînes calcaires péni- ou subbétiques.

L'Éocène supérieur et l'Oligocène font suite au Lutétien tant dans le domaine gaditan que dans le Rif espagnol. Dans cette dernière région, les faciès gréseux s'amorcent localement à ce moment, mais ce n'est, au Nord du Détroit, qu'à l'Oligocène supérieur qu'ils réalisent un type grossier sous forme des Grès de l'Aljibe.

Ainsi les différences stratigraphiques, qui semblaient résulter de la comparaison des travaux de D.-K. Gavala en Espagne et de MM. Fallot et Doncieux dans le Rif septentrional, peuvent être rectifiées : ce sont en gros les mêmes épisodes stratigraphiques et les mêmes types lithologiques que, depuis le Sénonien jusqu'à l'Oligocène, nous retrouvons de part et d'autre du Détroit de Gibraltar.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Valeurs des éléments magnétiques à la Station du Val-Joyeux (Seine-et-Oise) au 1er janvier* 1935. Note de MM. **Louis Eblé** et **Gaston Gibault**, présentée par M. Charles Maurain.

Les valeurs des éléments magnétiques au 1er janvier 1935 sont déduites de toutes les valeurs horaires enregistrées au cours des mois de décembre 1934 et janvier 1935. Les variations séculaires résultent de la différence entre ces valeurs et celles qui ont été publiées pour le 1er janvier 1934.

Valeurs absolues et variations séculaires des éléments magnétiques à la Station du Val-Joyeux.
(Latitude, 48°49′16″; longitude, 2°0′52″E. Gr.).

	Valeurs absolues pour l'époque 1935,0.	Variations séculaires.
Déclinaison	10°12′,1	−10′,4
Inclinaison	64°45′,2	+ 0′,9
Composante horizontale	0,19638	− 0,00004
» verticale	0,41645	+ 0,00021
» nord	0,19328	+ 0,00007
» ouest	0,03478	− 0,00059
Force totale	0,46042	+ 0,00016

En exceptant celles de la déclinaison et de la composante ouest, les variations séculaires sont encore faibles, mais si l'on se reporte aux valeurs publiées régulièrement les années antérieures, on peut voir plus nettement le sens de chacune d'elles. L'aiguille aimantée se rapproche constamment du méridien géographique, mais avec une vitesse qui a atteint son maximum en 1924, la variation séculaire de la déclinaison étant alors de 12′,3; l'inclinaison a passé au début de 1925 par son minimum de 64°38′,1 à partir duquel elle a augmenté assez régulièrement; la composante verticale du champ magnétique a suivi la même marche, partant de 0,41476 au 1er janvier 1924, tandis que la composante horizontale croît faiblement depuis 1930 où elle était de 0,19632; la force totale manifeste deux minima correspondant à ceux de ses deux composantes verticale et horizontale, mais elle augmente régulièrement depuis 1930.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les mouvements ondulatoires chez les feuilles de* Dracæna indivisa *et* Alocasia macrorhiza. Note de M. **Constantin T. Popesco**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Le 14 novembre 1933, notre attention fut attirée par de faibles tremblements qui se produisaient sur des feuilles à peu près verticales d'un *Dracæna indivisa* placé sur une table, en face d'une fenêtre.

Notre première impression fut qu'il s'agissait d'un phénomène sans intérêt dû à des causes extérieures à la plante, telle que l'action de simples courants d'air ou l'existence de trépidations causées par le passage de véhicules dans la rue.

Après avoir écarté avec soin toutes les causes d'erreur possibles, nous avons entrepris des observations journalières sur ce *Dracæna* et aussi sur l'*Alocasia macrorhiza*.

Nous avons ainsi constaté que les feuilles verticales, ou à peu près verticales, du *Dracæna indivisa*, qui mesurent entre 10^{cm} et 35^{cm} de longueur et qui sont les plus rapprochées de la normale par rapport à l'axe principal de la tige, montrent des oscillations très rapides, alors que les autres feuilles, plus éloignées et d'une longueur de 35^{cm} à 65^{cm}, ont des mouvements plus lents.

La direction des mouvements est différente chez les diverses feuilles de la plante. En effet les feuilles verticales ou celles qui sont rapprochées de la normale présentent des vibrations dans un plan parallèle à la surface de la feuille : les mouvements ont donc lieu à droite et à gauche de la nervure médiane. Tandis que les feuilles les plus allongées et éloignées de la normale, c'est-à-dire de l'axe principal de la tige, ont des mouvements ondulatoires qui se transmettent de la base du limbe vers le sommet dans un plan perpendiculaire sur l'axe longitudinal de la feuille.

Ces mouvements peuvent être observés à l'œil nu pendant toute la journée : ils commencent vers 8^h du matin en novembre et décembre, vers $7^h 30^m$ ou $7^h 15^m$ en janvier et février, entre $6^h 40^m$ et $6^h 15^m$ dans la première quinzaine de mars.

Les vibrations cessent dans l'après-midi, de 16^h à 18^h, très souvent aussi de 19^h à 20^h et très rarement à 21^h.

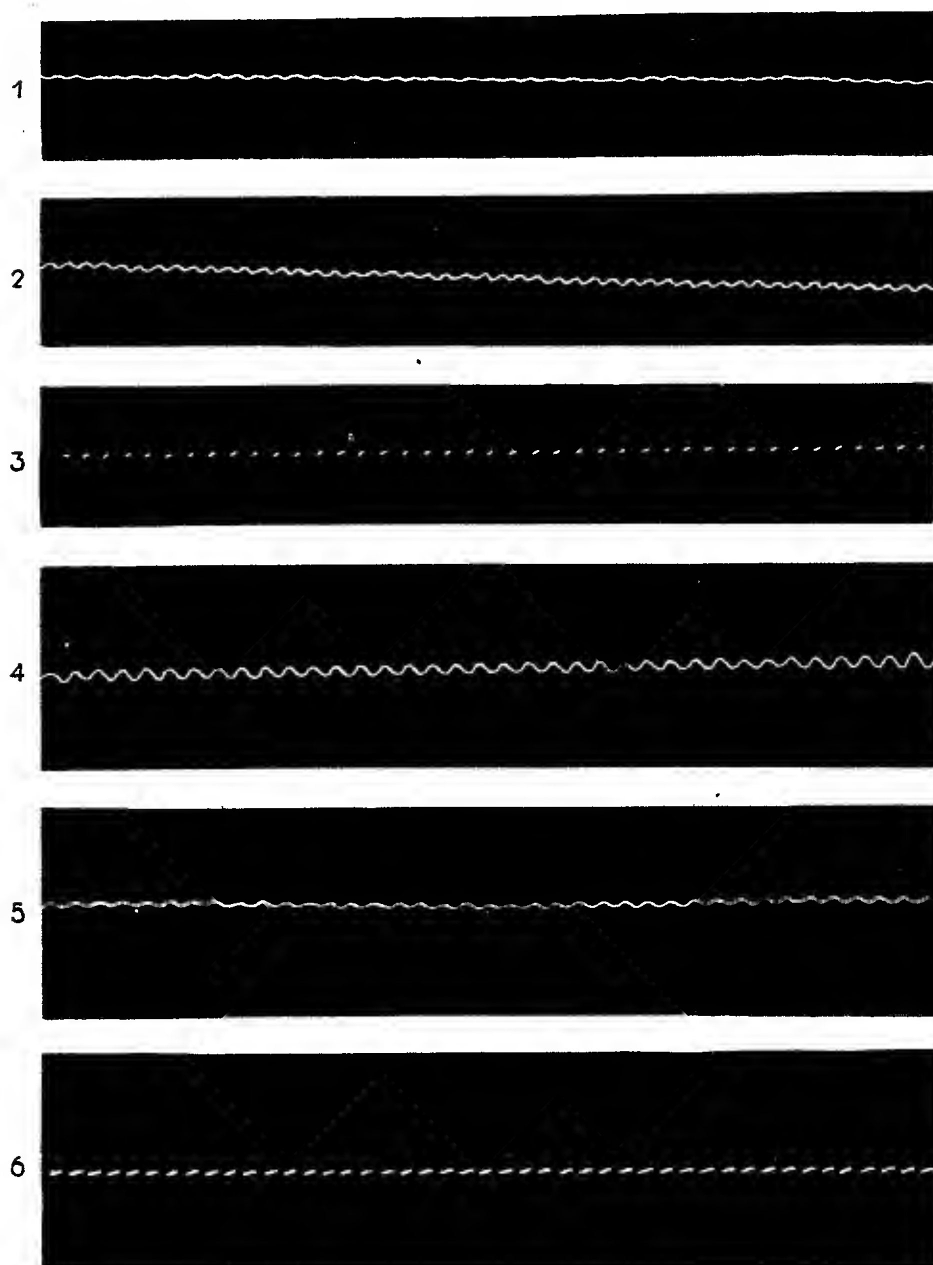
Les observations faites sur l'*Alocasia macrorhiza* ont fourni des résultats analogues, sinon complètement identiques.

Comme les vibrations dont il vient d'être question sont observables à l'œil nu, il devait être possible de pouvoir enregistrer à la fois leur fréquence, leur étendue et le sens dans lequel elles se produisaient : à cet effet, nous avons utilisé un appareil enregistreur semblable à ceux qui sont employés en physiologie végétale : celui dont nous nous sommes servi avait son cylindre enregistreur pouvant se mouvoir soit dans un plan horizontal soit dans un plan vertical.

C'est à l'aide de cet appareil que nous avons obtenu les graphiques nos 1, 2 et 3 qui représentent les mouvements vibratoires des feuilles de *Dracæna indivisa*, alors que les nos 4, 5 et 6 se rapportent aux vibrations des feuilles d'*Alocasia macrorhiza*.

De cet ensemble d'observations réalisées sur les feuilles de ces deux plantes nous pouvons tirer les conclusions suivantes : on rencontre deux sortes de mouvements.

1° Des mouvements vibratoires, sous forme d'ondes se transmettent de



la base du limbe vers le sommet dans un plan perpendiculaire sur la direction longitudinale de la feuille.

2° D'autres mouvements vibratoires ondulatoires qui se transmettent dans un plan parallèle à la surface du limbe de la feuille.

3° Les deux plans dans lesquels se produisent les mouvements sont perpendiculaires entre eux.

ENTOMOLOGIE APPLIQUÉE. — Beauveria doryphoræ *n. sp.*, *Muscardine parasite du Doryphore :* Leptinotarsa decemlineata *Say* (*Coléoptère chrysomélide*). Note de MM. **Raymond Poisson** et **René Patay**, présentée par M. Maurice Caullery.

Au cours d'élevage de Doryphores faits au laboratoire avec des Insectes recueillis dans la nature, aux environs de Rennes (I.-et-V.), soit à l'état de larves, soit à l'état d'imagos, nous avons isolé à plusieurs reprises, sur des exemplaires morts, un champignon appartenant au groupe des Muscardines. Les filaments en sont cloisonnés, ramifiés le plus souvent à angle aigu et de courtes ramifications du mycélium portent des phialides donnant des conidies disposées en sympode à l'extrémité. Ces principaux caractères sont ceux des Hyphomycètes conidiosporés de l'ordre des *Phialidæ* et du genre *Beauveria* (Vuillemin 1910, Beauverie 1914) (¹).

Cultivé à la lumière sur gélose Sabouraud, sur gélose au sang, sur gélose au bouillon de bœuf, sur pomme de terre *qu'il ne colore pas*, ce *Beauveria* a toujours présenté les mêmes caractères : culture de couleur blanche, dense, veloutée, parfois légèrement gazonnante et prenant finalement un aspect crayeux lors de l'apparition en nombre des conidies; celles-ci sont sensiblement ovales, mesurent $1^{\mu},8$ sur 2^{μ} et les phialides qui les portent sont ventrues; phialides et conidies constituent des glomérules d'environ 30^{μ} de diamètre. Nous n'avons pas observé jusqu'ici dans nos cultures l'apparition de corémies (clavules).

Cette Muscardine des Doryphores diffère :

1° De *Spicaria* (*Isaria*) *farinosa* (Dicks) (Fries, Vuillemin), parasite de chenilles des genres *Bombyx*, *Clysia*, *Polychrosis* (P. Voukassovitch, 1925) (²), de larves de Tenthrèdes, de *Bibio marci* L. (Giard), etc., par la couleur des cultures, qui est d'une teinte chamois ou jaune citron chez *farinosa* et par la ramification différente des conidiophores.

(¹) *Rev. de Bot.*, 26, 1914, p. 81 et 157.

(²) *Ann. des Épiphyties*, 11, n° 2, 1925, p. 73.

2° De *Beauveria* (*Sporotrichum*) *globulifera* (Speg.) (Picard, 1913-1914) (¹), parasite d'Insectes, par la teinte jaune verdâtre donnée au milieu de culture (pomme de terre) par ce dernier; conidies globuleuses de 2 à 5$^\mu$ de diamètre (Dieuzeide).

3° De *Beauveria* (*Botrytis*) *densa* (Link.) (Picard, *op. cit.*), syn. : *Isaria densa* (Giard, 1892) (²); *Botrytis tenella* (Saccardo) (Prillieux et Delacroix, 1891), parasite d'Insectes, qui colore en rouge le milieu de culture (pomme de terre, bouillon de viande gélatiné); conidies ovoïdes, parfois globuleuses, de 2,5-3$^\mu$ sur 1,5-2$^\mu$ (Delacroix).

4° De *Beauveria* (*Botrytis*) *effusa* Vuill. (Muscardine rose ou rouge du Ver à soie (³), prenant une teinte rose chair sur les cultures, colorant la pomme de terre en rouge intense, lie de vin; les conidies globuleuses atteignent de 2 à 4$^\mu$ de diamètre (Beauverie, *op. cit.*).

5° De *Beauveria* (*Botrytis*) *bassiana* (Mont.) (Balsamo, Vuillemin) (Muscardine blanche du Ver à soie, Muscardine rouge des auteurs) (⁴), teintant le milieu en rouge vif, mais non la pomme de terre (Beauverie, *op. cit.*, M. Arnaud, 1927 (⁵). Ce champignon prend sur les cultures une coloration blanc crème, parfois un peu verdâtre; ses conidies sont globuleuses et à peu près de mêmes dimensions que celles d'*effusa*.

Les cadavres des imagos de Doryphores, attaqués par le *Beauveria* que nous avons isolé, présentent au début de petits bourrelets blanchâtres localisés en général, soit entre la tête et le prothorax, soit aux points d'articulation des élytres, ou encore ventralement au niveau des *coxæ*. Ultérieurement, l'insecte entier prend un aspect blanc crayeux, sensiblement comparable à celui décrit par Giard (*op. cit.*) pour les Hannetons parasités par *B. densa*. A noter que nous n'avons pas observé, chez le *Beauveria* des Doryphores, les prolongements périphériques (Hyphasmates de Giard) décrits chez d'autres Muscardines. Intérieurement le corps de l'Insecte est rempli de filaments mycéliens respectant seulement le tube digestif.

Au début de l'infestation de l'imago, on constate l'apparition d'une petite tache grisâtre sur le prothorax ou sur un élytre; mais à ce moment l'insecte se montre déjà bourré de mycélium. Dans les élevages infectés la maladie s'est répandue rapidement *parmi les imagos, ainsi que parmi les nymphes* que nous possédions encore au début de ces observations, en octobre 1934. D'autre part, le saupoudrage de conidies sur des œufs et sur de jeunes larves d'élevage, obtenus en janvier 1935, nous a permis d'observer *une*

(¹) *Ann. Éc. nat. d'Agr. Montpellier*, **13**, 1914, p. 121.

(²) *C. R. Soc. Biol.*, **44**, 1892, p. 435.

(³) Le cadavre du Ver à soie devient finalement rose-roux.

(⁴) Le cadavre du Ver à soie prend d'abord une teinte rouge, puis se couvre d'une poussière blanche due aux conidies.

(⁵) *Ann. des Épiphyties*, **13**, n° **1**, 1927, p. 1.

infestation extrêmement rapide, suivie de la mort, au bout de 4 jours, de toutes les larves ainsi contaminées, alors que les œufs semblent demeurer indemnes.

On sait que R. Dieuzeide (1925) [1], qui a tenté des infections expérimentales de Doryphores par des *Beauveria*, a pu vérifier que les *B. densa, bassiana* et *globulifera* ne sont pratiquement pas pathogènes pour l'insecte et que *B. effusa*, qui paraît susceptible de tuer en grand nombre les *Leptinotarsa* adultes hivernants, n'a qu'une action plutôt bénigne sur les larves. Le *Beauveria* que nous décrivons dans cette Note, et que nous désignerons sous le nom *Beauveria doryphoræ* n. sp., s'est montré, au contraire, dans nos expériences, *tout aussi pathogène pour les imagos que pour les larves* [2]. Nous nous proposons d'en suivre la propagation possible dans la nature, au cours de l'année 1935, car, en Europe, et en particulier dans nos régions de l'ouest, le Doryphore ne compte pour ainsi dire aucun ennemi naturel. C'est la raison pour laquelle l'étude de tout parasite susceptible de limiter sa multiplication ne doit pas être négligée. On peut espérer, dans cet ordre d'idées, que l'action parasitaire des *B. doryphoræ* et *effusa* viendra s'ajouter à celle des Insectes prédateurs : *Doryphorophaga doryphoræ* (Riley) (Dipt, Tachinaire) et *Perillus bioculatus* Fab. (Hétéropt. Pentatomide), dont l'acclimation est actuellement tentée en France par Feytaud et Trouvelot (1931) [3].

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Nodules leucocytaires et processus réactionnels divers chez les Vers à soie infectés expérimentalement avec* Streptococcus bombycis. Note [4] de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

La tendance des amibocytes à s'agglutiner autour de corps étrangers pour former ce que Cuénot a désigné sous le nom de *nodules folliculeux* a été observée depuis longtemps chez les Insectes. De tels nodules peuvent prendre naissance autour de poudres inertes après injection dans la cavité générale ou au cours d'infections bactériennes diverses, notamment au cours de l'infection tuberculeuse. Alors que Metalnikov assimile ces

---

[1] *Ann. des Epiphyties*, 11, n° 3, 1925, p. 185.

[2] Il n'est pas impossible que, dans quelques-unes de ses expériences, Dieuzeide ait eu en réalité affaire au *Beauveria doryphoræ* n. sp.

[3] *Ann. des Épiphyties*, 17, n° 6, 1931, p. 408.

[4] Séance du 25 février 1935.

nodules tuberculeux à ceux qui se forment chez les Mammifères, Hollande et ses élèves montrent qu'ils en diffèrent essentiellement par l'absence de cellule géante, de tissu conjonctif, de caséification, de symbiose avec le phagocyte (¹).

En étudiant il y a quelques années l'infection expérimentale à *Streptococcus bombycis* chez le Ver à soie, j'ai signalé l'existence d'amas leucocytaires en différents points du corps. Ayant repris cette étude, j'ai été amené à faire de nouvelles constatations sur la nature et l'origine des nodules leucocytaires ainsi que sur d'autres processus réactionnels qui se déclenchent au cours de l'infection expérimentale.

Le fait saillant qui caractérise l'infection à Streptocoques, c'est la formation d'amas bactériens souvent très volumineux au contact des tissus. Ces amas, comme je l'ai montré antérieurement, peuvent pénétrer à l'intérieur des cellules et même y cheminer comme cela se produit notamment au niveau de l'épithélium intestinal. Les processus morbides qui caractérisent la dysenterie à Streptocoques se déclenchent lorsque les bactéries débouchent dans la lumière intestinale. Les masses bactériennes peuvent être arrêtées dans leur progression, soit dans les tuniques musculaires qui entourent le tube digestif, soit dans l'espace compris entre les parois musculaire et épithéliale. Ils s'enkystent alors, la paroi du kyste tirant son origine des cellules environnantes. Des kystes semblables ont été observés en différents points du corps et même dans la cavité générale. A l'intérieur, les bactéries dégénèrent rapidement et donnent naissance à une masse amorphe qui apparaît colorée en jaune pâle sur coupes provenant de pièces traitées par les méthodes mitochondriales, et en noir, sur coupes colorées par l'hématoxyline ferrique après fixation par le Duboscq-Brasil.

Les nodules leucocytaires prennent naissance principalement dans la région postérieure du corps où les éléments sanguins paraissent plus nombreux et sont plus stables qu'ailleurs. Le noyau du nodule est constitué par une masse bactérienne ou une cellule sanguine plus ou moins chargée de bactéries et en voie de dégénérescence; cette dégénérescence est le plus souvent la conséquence d'une phagocytose exagérée. En général, les masses leucocytaires sont constituées par la réunion de plusieurs nodules simples. Les cellules qui les forment comprennent à la fois des macro- et des micronucléocytes. Les unes et les autres s'étirent autour du noyau central, mais sans donner naissance à des fibroplastes ou des éléments de

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 102, 1929, p. 384.

tissu conjonctif; elles conservent d'autre part leur individualité; il n'y a donc pas formation de cellule géante ni syncytium vrai.

Le nodule leucocytaire folliculeux est considéré généralement comme un processus de défense de l'organisme contre l'infection microbienne plus énergique que la simple phagocytose. Dans le cas du *Strept. bombycis*, les cellules qui constituent le nodule s'agglutinent autour d'éléments à vitalité réduite ou en état de dégénérescence; il ne s'agit donc pas à proprement parler d'une lutte collective contre un parasite dangereux pour l'organisme, mais tout au plus d'un simple nettoyage. J'ai même pu constater la formation de nodules autour de cellules péritrachéales bourrées de Streptocoques.

Les faits observés chez le Ver à soie sont à rapprocher de ceux que j'ai maintes fois observés chez différentes espèces de chenilles parasitées par des Hyménoptères entomophages : les œufs qui avortent ou les embryons qui dégénèrent sont rapidement entourés d'amibocytes qui forment autour d'eux une couche cellulaire plus ou moins dense. La constitution des nodules est un phénomène biologique d'ordre très général consécutif à l'introduction de corps inertes ou à la dégénérescence d'éléments vivants étrangers à l'organisme ou faisant partie de celui-ci.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la mesure de l'amplitude accommodative.* Note de M. **Émile Haas**, présentée par M. Ch. Fabry.

J'ai montré (¹) que l'effort accommodatif relatif à une distance donnée diffère, selon que l'œil est naturellement emmétrope, ou qu'il est ramené à l'emmétropie par le verre correcteur de son amétropie statique.

Il en résulte notamment une importante application à la mesure de l'amplitude accommodative des amétropes.

Celle-ci se fait souvent en prenant la distance $\overline{SY}$ entre le pôle antérieur de l'œil S et le punctum proximum Y chez le sujet ramené à l'emmétropie par sa correction statique. L'amplitude accommodative est alors considérée comme l'inverse du segment $\overline{HY}$, somme de $\overline{HS}$ et de $\overline{SY}$, H étant le premier point principal de l'œil.

(¹) Emile Haas, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 645; *Revue d'Optique théorique et instrumentale*, 12, 1933, n° 9, p. 342; *Société d'Ophtalmologie de Paris*, séance du 16 février 1935.

Or tout se passe dans cette expérience comme si l'amétrope regardait, à l'œil nu, l'image C du proximum Y fournie par le verre, et l'effort accommodatif relatif au proximum Y doit être égal à

$$(1) \qquad -A - (1 : \overline{HC}),$$

A représentant l'amétropie.

En cherchant à exprimer la valeur A (qui est une puissance), et le segment $\overline{HC}$, en fonction de L, puissance du verre correcteur; de s, segment allant de H, premier point principal de l'œil, au second point principal du verre; de d, segment allant du premier point principal du verre au point proximum Y, l'expression (1) de l'effort accommodatif prend la forme

$$(2) \qquad \frac{1}{\frac{1}{L}+s} - \frac{1}{\frac{1}{L+\frac{1}{d}}+s}.$$

Le calcul numérique de cette dernière expression est très rapide, si l'on se sert d'une table des inverses. Les résultats ainsi calculés s'écartent des résultats calculés à la façon habituelle de quantités souvent considérables, au point de nous permettre de dire que les courbes de l'amplitude accommodative en fonction de l'âge, telles qu'elles ont été établies jusqu'à présent, sont désormais non valables, et doivent être refaites entièrement.

Pour fixer les idées, nous dirons que, d'après la relation ci-dessus, on calcule qu'un proximum de $0^m,212$ de H correspond, chez un hypermétrope corrigé par un verre de 6 dioptries, à $0^m,012$ de H, à une amplitude accommodative de 5,45 dioptries; chez l'emmétrope à 4,71 dioptries; chez un myope corrigé par un verre de — 6 dioptries à $0^m,012$ de H, à 4,12 dioptries. D'après la méthode habituellement employée, on aurait écrit 4,71 dioptries dans les trois cas.

Ces exemples sont de l'ordre de ceux qui importent dans la pratique quotidienne de l'ophtalmologie, mais nous aurions pu choisir telles valeurs usuelles des variables entraînant des écarts de beaucoup supérieurs aux exemples ci-dessus.

Quand on mesure l'amplitude accomodative par la méthode dite directe, ou bien au moyen des optomètres du type Badal, il faut encore appliquer une correction analogue. Car la puissance de la lentille la plus divergente, ou la moins convergente, au travers de laquelle il est encore possible de définir le test, peut se décomposer en deux parties : la première corrige

l'amétropie statique, et la seconde place le test au proximum. Tout se passe comme si le sujet, muni de sa correction statique, regardait le test en cette nouvelle place, dont l'abscisse est identique à l'abscisse $\overline{HY}$ de la méthode précédente.

Il convient donc, dans l'application de la méthode directe et de la méthode des optomètres, de déterminer tout d'abord l'abscisse du point où se trouve transporté le test, et ensuite d'appliquer la relation (2). La première moitié de l'opération est indispensable même lorsqu'il s'agit d'un emmétrope.

Nous n'avons pas trouvé de bibliographie indiquant que de telles corrections aient été conseillées ni appliquées jusqu'à présent. On ne peut donc attacher qu'une certaine valeur aux tables d'amplitude accomodative des amétropes en fonction de l'âge publiées jusqu'à présent.

Cependant, dans les cas où les mesures auraient pu être faites par la méthode du proximum, *sur l'œil nu*, et où l'on aurait retranché de la valeur de $(1 : \overline{HY})$ la valeur de l'amétropie calculée en fonction de la puissance du verre préalablement déterminé et de sa distance à l'œil, on aurait réalisé une correction équivalente à celle que nous avons conseillée. Mais les mesures ne peuvent généralement pas être faites par cette dernière méthode.

PARASITOLOGIE. — *Paludisme aviaire :* Plasmodium paddæ *n. sp. du calfat* (Padda oryzivora). *Utilisation de ce parasite pour les recherches chimiothérapiques du paludisme.* Note [1] de M. **Émile Brumpt**, présentée par M. Louis Lapicque.

Le calfat est un passereau robuste importé d'Extrême-Orient, qui présente dans son sang, à son arrivée en France, dans un grand pourcentage de cas, un hématozoaire découvert par Laveran en 1898 et nommé par lui *Hæmoproteus paddæ*. Ce parasite, dont les gamètes seuls se rencontrent dans le sang, est précieux pour les laboratoires de recherches thérapeutiques car il se comporte, vis-à-vis de la plupart des médicaments étudiés, comme les gamètes du *Plasmodium falciparum* de l'homme. C'est pourquoi Collier et Kraus (1929), Fourneau, M. et Mme Trefouel, Bovet et G. Benoît (1931) ont utilisé cet oiseau au cours de leurs études.

Mais ce qui rend le calfat encore plus intéressant pour les études de thé-

(1) Séance du 4 mars 1935.

rapeutique comparée, c'est qu'il est parfois porteur également d'un autre hématozoaire auquel je donnerai le nom de *Plasmodium paddæ* n. sp.

Ce *Plasmodium* du calfat, que nous avons découvert avec Langeron en décembre 1910 et que nous avons pu transmettre facilement à cette époque par inoculation à des calfats neufs, mais que nous n'avons pu inoculer ni au canari ni au moineau vulgaire, ressemble beaucoup au *Plasmodium relictum*.

Ce parasite du calfat, au sujet duquel nous n'avons rien publié, avait été déjà vu, en 1909, par Anschütz qui, le trouvant associé à *Hæmoproteus orizivoræ*, crut qu'il s'agissait d'un cas de schizogonie régressive des gamètes de cet hématozoaire. La même erreur d'interprétation a été faite en 1924 par Legroux et Lwoff qui eurent également affaire à une infection mixte.

Ce *Plasmodium* semble rare, il a été revu par Katahira (1929) par Uegaki (1930) et par Kikuth (1931).

Dans le but d'étudier ce *Plasmodium* d'un intérêt pratique tout particulier, je me suis procuré, en décembre 1934, des oiseaux arrivant d'Extrême-Orient et j'ai eu la chance de trouver un exemplaire hébergeant quelques rares trophozoïtes de *Plasmodium*, sur 80 examinés. Au cours de quatre passages sur calfats, j'ai pu étudier ce précieux virus que j'espère garder définitivement à mon laboratoire.

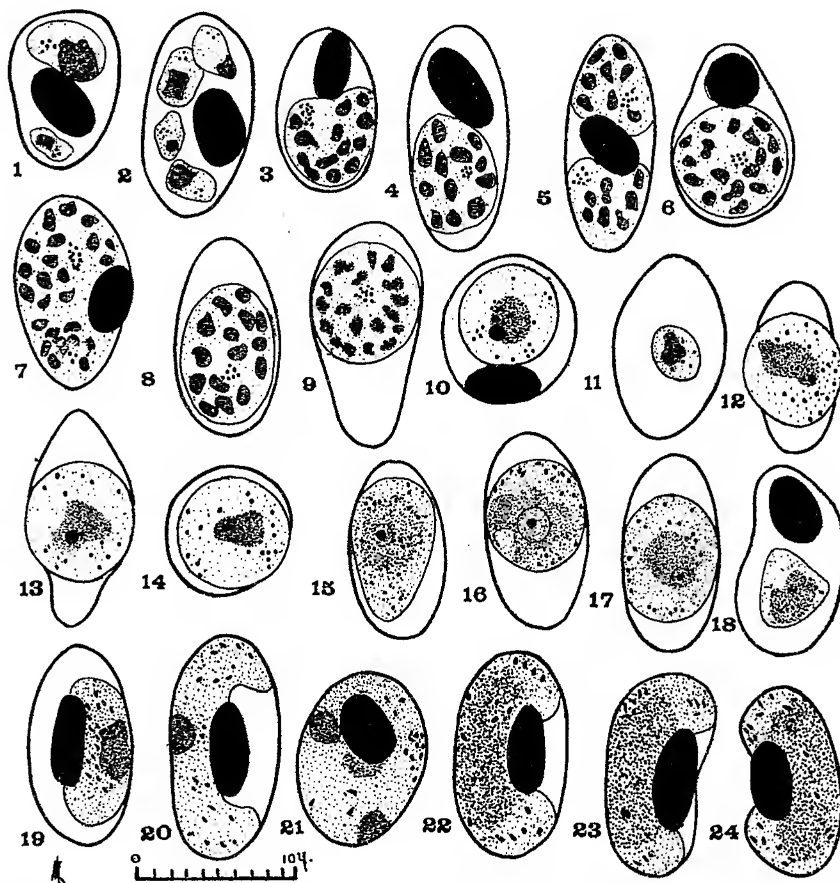
La figure ci-contre permet, mieux qu'une longue description, de se faire une idée de la morphologie du *Plasmodium paddæ* aux divers stades de son évolution (1 à 18) et de celle de l'*Haemoproteus paddæ* qui existait également chez le même oiseau. Le nombre des mérozoïtes varie de 8 à 20 en général. Les gamètes mâles sont colorés en rose et les femelles en bleu. Le noyau du globule rouge infecté conserve ses réactions chromatiques, il est fortement déplacé et très souvent même expulsé, surtout des hématies renfermant les gros gamètes sphériques.

Les grains de pigment du *P. paddæ* sont fins et assez nombreux, ils sont beaucoup moins volumineux que ceux de l'*Hæmoproteus paddæ*.

Le *Plasmodium* du calfat peut être très pathogène car il tue parfois cet oiseau qui présente alors 130 parasites et même plus, par champ microscopique. Les hématozoaires persistent longtemps dans le sang et ne semblent avoir aucune action sur l'infection associée à *Hæmoproteus*.

Identification. — J'ai entrepris de nombreuses expériences d'identification dont je publierai les résultats dans un travail d'ensemble. Dès maintenant, je peux dire que les calfats ne semblent qu'en partie prémunis vis-à-vis d'une nouvelle inoculation avec la même souche et que deux calfats qui

avaient résisté à une inoculation d'une souche allemande de *Plasmodium relictum*, aimablement communiquée par E. Fourneau, et un autre réfractaire au *Plasmodium* de l'alouette, ont réagi à l'inoculation du *Plasmodium paddæ*. D'autre part le *Plasmodium paddæ* n'a pu être transmis ni au



Plasmodium paddæ. De 1 à 12, trophozoïtes et schizontes à divers stades de développement; 13 à 15, gamètes femelles; 16 et 17, gamètes mâles; 19 à 24, divers aspects de l'*Hæmoproteus paddæ*; 19, 20 et 21, gamètes femelles; 22, 23 et 24, gamètes mâles.

moineau, ni au bruant, qui sont sensibles au *Plasmodium relictum*, ni à un passereau indéterminé du Brésil.

La souche de *Plasmodium*, que je viens d'isoler présente un grand intérêt pratique car, d'une part, elle permet d'utiliser le robuste calfat au lieu du fragile et coûteux canari et, d'autre part, elle permet d'étudier l'influence indirecte de l'hôte sur le mode d'action des médicaments. En effet, la com-

paraison de l'action thérapeutique de diverses substances sur les infections à *Plasmodium* des canaris et sur celles à *Hæmoproteus* du calfat était rendue impossible puisque les essais étaient effectués sur des oiseaux d'espèces différentes. L'utilisation d'un même oiseau présentant simultanément des parasites de ces deux genres permettra dorénavant de surmonter ces difficultés. C'est dans ce but que j'ai entrepris avec M. Bovet un certain nombre d'expériences sur le traitement de ces infections mixtes par divers produits synthétiques.

BIOLOGIE. — *Sur des phénomènes de néoténie chez* Acheta campestris *L. et ses hybrides.* Note de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. M. Caullery.

Certaines dysharmonies dans le développement des organismes ont été désignées sous le nom de *néoténie*. Ce terme traduit des particularités morphologiques et physiologiques bien définies : il s'agit d'adultes aptes à la reproduction, tout en ayant conservé des caractères larvaires ou infantiles.

J'ai obtenu des individus néoténiques des deux sexes dans des élevages d'un Grillon, *Acheta campestris*.

Femelles néoténiques. — Elles ont des ailes et des élytres raccourcis, qui ne couvrent que les premiers segments de l'abdomen. Leur longueur varie légèrement d'une femelle à l'autre. La nervation est rudimentaire, mais présente toutes les caractéristiques de celle de l'adulte. Les ailes sont entièrement recouvertes par les élytres. Leur position respective est celle de l'adulte. Les élytres ne se chevauchent pas.

L'oviscapte, nettement plus court que chez l'adulte, a une taille comparable à celle de l'oviscapte nymphal. La jonction des valvules est rudimentaire. La forme de la partie apicale est, en quelque sorte, intermédiaire entre les formes imaginale et nymphale.

L'armature génitale interne a la structure de celle de l'adulte.

Les ovaires sont semblables à ceux d'une femelle normale. La chambre périvulvaire et la spermathèque sont, toutes deux, moins volumineuses que chez l'adulte. Les glandes annexes de la chambre périvulvaire sont peu développées et correspondent à celles d'une jeune nymphe. Il en est de même pour la glande annexe de l'oviscapte.

Ces femelles sont bien des néoténiques. Elles sont adultes par la nervation et la position des ailes et des élytres, ainsi que par le développement de leurs ovaires. Elles ont gardé, comme caractères larvaires, la structure de l'oviscapte, le faible développement des organes du vol et de certaines parties annexes des organes génitaux internes.

Mâles néoténiques. — Les ailes et les élytres sont extrêmement courts. Leur position réciproque est celle qui est réalisée chez l'adulte normal. Les élytres présentent

toutes les particularités de nervation des mâles normaux. La stridulation est cependant impossible car ces élytres ne se recouvrent pas.

L'armature génitale est semblable à celle de l'adulte. Le sac à spermatophores est normalement développé.

Les testicules ont le volume de ceux des mâles en période d'activité sexuelle. Des coupes montrent que la spermatogénèse est terminée et que les spermatozoïdes sont normaux.

Des caractères nymphaux très importants persistent dans les canaux vecteurs et les glandes annexes. Jamais les cæcums glandulaires ne sont développés. Les canaux déférents débouchent dans une poche médiane, de taille et de forme variable selon les individus. Cette poche, rudimentaire chez les uns, plus évoluée chez d'autres, reste cependant toujours semblable à ce même organe, pris à des stades successifs de son évolution au cours de la première partie de la vie nymphale.

Femelles et mâles néoténiques ont l'aspect extérieur d'adultes, mais l'un comme l'autre ont gardé des caractères larvaires. Comme les femelles, les mâles seraient aptes à la reproduction, puisque leurs testicules contiennent des spermatozoïdes mûrs. Ils ont tous les instincts sexuels des mâles normaux, font des tentatives de stridulation et d'accouplement, mais ne parviennent pas à féconder les femelles, l'absence des sécrétions glandulaires empêchant la constitution du spermatophore.

Les femelles néoténiques, croisées avec des mâles normaux, sont fécondées. Elles pondent des œufs qui se développent normalement. Le nombre des descendants est inférieur au nombre obtenu avec des femelles normales. Cette moindre fécondité n'est pas liée à la constitution ovarienne. C'est l'oviscapte qui cède, en raison de la mauvaise jonction des valvules. Celles-ci se séparent et les œufs s'évacuent mal. Leur rétention dans les ovaires n'empêche pas la maturation de nouveaux ovules. Les ovaires deviennent très gros. Leur membrane se distend et souvent se déchire, laissant échapper les œufs dans la cavité générale et la femelle meurt, l'abdomen hypertrophié.

La plus grande partie de la descendance de ces femelles est normale. Le taux des individus néoténiques semble un peu plus élevé que dans les élevages issus de parents normaux.

Les individus néoténiques apparaissent dans toutes les souches d'*A. campestris*, que leur origine soit du Midi, de l'Est, ou de la région parisienne. Leur proportion est d'environ 5 pour 100.

Les mâles ou les femelles d'*A. campestris*, croisés avec *A. bimaculata*, donnent des descendants. On retrouve des néoténiques chez les hybrides de première génération, de deuxième génération et parmi la descendance issue des croisements de retour aux parents.

Parmi les caractères qui différencient ces deux espèces d'*Acheta*, on doit signaler, chez *A. bimaculata*, la présence d'ailes très longues, qui dépassent les élytres. Ce caractère se retrouve chez les néoténiques hybrides de première génération. Les élytres sont courts, comme chez les hybrides d'*A. campestris*, mais, les ailes sont du type *bimaculata*; elles sont cependant beaucoup plus petites que chez l'insecte normal. Elles ne sont jamais entièrement recouvertes par les élytres rudimentaires. Ce caractère caudé des ailes est dominant à la première génération; sa disjonction dans d'autres types de croisements sera analysée ultérieurement.

Sans discuter ici des raisons qui me font classer ces Grillons de type aberrant parmi les cas de néoténie, je soulignerai seulement deux points :

1° ces anomalies de développement ne se trouvent jamais dans l'espèce *bimaculata*; parmi les Gryllides, elles se rencontrent exclusivement chez *A. campestris* et ses hybrides.

2° le caractère héréditaire de cette tendance est nettement confirmé par l'apparition et le taux des individus néoténiques, parmi la descendance des *campestris* purs et des hybrides des deux espèces d'*Acheta*.

BIOLOGIE. — *Les réserves glycogéniques chez les Orthonectides. Étude de leur évolution.* Note de M. **Henri Nouvel**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai étudié l'évolution des réserves glycogéniques chez deux Orthonectides : *Rhopalura ophiocomæ* Gd. (parasite de l'Ophiure *Amphipholis squamata* Della Chiaje) et *Rhopalura linei* Gd. (parasite de la Némerte *Lineus ruber*, O.-F. Müller var. *gesserensis*).

A. Dans les deux espèces, les individus sexués mâles et femelles accumulent du glycogène lorsque leur développement embryonnaire, à l'intérieur des plasmodes, est à peu près terminé. Ils en sont abondamment pourvus au moment où ils s'échappent pour mener leur vie libre. Chez *R. linei*, le glycogène est réparti dans toutes les cellules périphériques ciliées des femelles; chez les mâles, il se trouve également dans les cellules périphériques ciliées, mais seulement dans la profondeur de ces cellules et surtout dans la région coiffant les testicules. Chez *R. ophiocomæ*, on trouve du glycogène dans presque toutes les cellules périphériques des femelles, mais surtout, d'une part, dans les cellules minuscules qui constituent les sillons et, d'autre part, dans la bande cellulaire qui précède et celle qui

suit l'étranglement céphalique. Chez les mâles, le glycogène se trouve presqu'exclusivement dans l'anneau papillifère : il commence à s'y accumuler dès les très jeunes stades du développement. Dans l'une et l'autre espèce, les réactions ne sont pas positives dans les éléments sexuels mâles ou femelles.

B. Chez les larves ciliées qui s'échappent des femelles (*R. ophiocomæ*), on trouve une petite quantité de glycogène. Or cette réserve n'existait pas dans l'œuf. On peut se demander si elle est fabriquée aux dépens d'autres réserves, mais il paraît beaucoup plus probable qu'elle provient, tout simplement, des cellules périphériques de la femelle. Ces dernières s'appauvrissent, en effet, très rapidement après la libération de l'animal hors du plasmode. Une partie de leur glycogène doit être utilisée comme source d'énergie pour le battement ciliaire, mais cela ne suffit pas à expliquer la rapidité de sa disparition.

C. Les plasmodes sont toujours très pauvres en glycogènes : il ne s'en trouve guère que dans les cellules-germes et dans les premiers blastomères provenant de la division des cellules.

Je rapprocherai les résultats qui précèdent de ceux que j'ai obtenus à la suite d'une étude similaire chez les Dicyémides ([1]).

Chez les Orthonectides, comme chez les Dicyémides, toutes les formes qui se développent dans un plasmode ou une cellule folliculaire, d'où elles s'échappent par la suite, accumulent du glycogène un peu avant leur libération. Cette réserve peut être utilisée par la forme qui l'a reçue, ou être cédée à une génération suivante qui l'utilise.

Par ce processus, chez les Orthonectides, le glycogène, abondamment fourni par les cellules plasmodiales, sert pendant tout le reste du cycle et on peut le suivre jusque dans la forme qui donne naissance à de nouveaux plasmodes.

Ces considérations contribuent à mettre en valeur « l'importance physiologique de la substance fondamentale du plasmode et des noyaux plasmodiques ([2]) ».

([1]) H. NOUVEL, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 54, 1929, p. 124, 206; *Arch. Zool. Exp. et gén.*, 71, 1931, N. et R., p. 53; *Ann. Inst. Océanogr.*, 13, 1933, fasc. VI.

([2]) M. CAULLERY et A. LAVALLÉE, *Bull. Sc. Fr.-Belg.*, 46, 1912, p. 139.

BIOPHYSIQUE. — *Gélification sérique par les agents cancérigènes.* Note de M. **W. Kopaczewski**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

Les progrès les plus tangibles réalisés dans l'étude du processus de néoformation sont, sans conteste, dus à la découverte des facteurs physiques et chimiques, permettant la production des tumeurs en dehors de toute transplantation cellulaire. Parmi les agents physiques on connaît l'action du rayonnement du Ra, des rayons X et ultraviolets. Plus nombreux sont les agents chimiques; leur rôle fut soupçonné par les cliniciens dans l'apparition des cancers dits professionnels; il fut expérimentalement démontré par les travaux de Yamagiwa et Itchikawa sur le cancer du goudron. Depuis cette époque on a pu mettre en évidence l'action cancérigène directe de l'aniline (Carrel), des couleurs d'aniline, telles que Soudan III et rouge écarlate (A. Fischer), des divers carbures d'hydrogène, naturels ou de synthèse, tels que benzène, toluène, xylène, etc. (Twort, Schmiencke, Bierich, Kennaway, Cook et autres), des acides inorganiques, tels que chlorhydrique et arsénieux, ou organiques, tels que formique, acétique, lactique et citrique (Narat, Rostocks, Blumenthal, Meyer, Askanazy, A. Fischer et autres); on a vu aussi que l'alcool (Krebs), l'éther (Reinke, Askanazy) peuvent favoriser l'éclosion des tumeurs. Plus récemment, on a démontré l'action cancérigène directe du pyrrol, de l'indol, de la nicotine, de la pyridine, du formol (Twort, Carrel, Lickint, Grikouroff et autres). Enfin, certains cations polyvalents, tels que Cu, Fe, Th et Sn, provoquent des néoformations variées, ainsi que cela résulte des investigations de Young, Ayton, et autres.

Nous avons démontré, en 1921, que la tension superficielle du sérum des animaux atteints du cancer est sensiblement plus basse qu'à l'état normal [1]; plus récemment, nous avons signalé que la tension superficielle de la presque totalité des substances cancérigènes est faible et qu'une diminution énergique peut avoir lieu lorsqu'on les additionne au sérum [2]; enfin nous avons constaté que tout abaissement de la tension superficielle du sérum accélère sa gélification, ou des protides en général, par l'acide lactique [3].

---

[1] W. Kopaczewski, *Presse médicale*, **29**, 1921, p. 595; *Comptes rendus*, **179**, 1924, p. 1145.

[2] W. Kopaczewski, *Perméabilité cellulaire et problème du cancer*, Paris, 1934.

[3] W. Kopacezwski, *Comptes rendus*, **193**, 1934, p. 1947.

Nous nous sommes donc demandé si les substances dites cancérigènes ne gélifient pas directement le sérum, d'autant plus que dans nos recherches précédentes, nous avons déjà mis en évidence une accélération nette de la gélification du sérum irradié par les rayons X ou ultraviolets ([1]), agents cancérigènes reconnus.

Résultats. — Cette supposition est pleinement confirmée, ainsi que l'on peut s'en rendre compte en examinant les données résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau I. — *Gélification directe du sérum de cheval par les agents cancérigènes* (à 25° C.).

Substances.	Concentration finale.	Temps de gélification en heures.
$ThCl^4$	M/100	0,1
$SnCl^4$	M/10	1,0
Aniline (*)	M/2 (*)	12,0
Pipéridine	M/1	1,0
Pyridine (*)	M/1	12,0
Pyrrol	M/1 (*)	14,0
Nicotine	M/1	120,0
Alcool absolu	5/M	2,0
Aldéhyde formique	10/M	140,0

(*) Ces concentrations ne sont qu'approximatives, car la solubilité de ces corps dans du sérum n'a pas été précisée.

Il convient de remarquer que les gels obtenus avec l'aniline, l'alcool absolu et les sels de thorium (chlorure ou oxyde, ce dernier en dispersion micellaire) sont nettement troublés, pour les concentrations expérimentées; de plus, les concentrations gélifiantes varient d'une espèce animale à l'autre.

Les agents chimiques cancérigènes, qui ne gélifient pas directement le sérum de cheval, accélèrent sa gélification par l'acide lactique (Tableau II, p. 976).

On voit donc que certaines substances cancérigènes accélèrent la gélification du sérum.

Cette accélération est, dans une certaine mesure, parallèle à l'abaissement de la tension superficielle qu'elles provoquent, mais elle est parfois limitée par la très faible solubilité de certaines de ces substances (benzène, xylène, pétrole, etc.).

---

(1) W. Kopaczewski, *Comptes rendus Congrès internat. Radiobiologie*, Venise, 1934, p. 44.

Tableau II. — *Accélération de la gélification sérique par les agents cancérigènes.*

Substance.	Concentration finale.	Temps de gélification (en heures).
Glycocholate de Na	0,50 %	13
Oxyde de Th	0,03 %	19
Chlorure de Th	M/400	21
Pyrrol	sol. aq. sat./10	23
Ether sulfurique	»	25
Essence de térébenthine	»	28
Indol	»	38
Pétrole	»	59
Xylène	»	60
Benzidine	»	60
Acide lactique (témoin)	M/2	60

Notons enfin que la soude caustique et les divers cations polyvalents conduisent également à une gélification sérique, mais leur action est tellement particulière, que nous l'étudierons en détail plus tard.

Conclusions. — Les substances cancérigènes actuellement connues, soit gélifient directement le sérum, soit accélèrent sa gélification par d'autres corps gélifiants.

Étant donné que la gélification du sérum est beaucoup plus rapide au cours des diverses néoformations qu'à l'état normal [1], il semble que l'on doit attribuer à ce phénomène un rôle important dans la génèse des tumeurs.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action de quelques venins sur la fluorescence des solutions d'uranine.* Note [2] de Mme **Marie Phisalix**, M. **Augustin Boutaric** et M. **Jean Bouchard**.

Nous avons étudié l'action qu'exerce sur la fluorescence des solutions d'uranine un certain nombre de venins.

Nous avons utilisé pour nos expériences : 1° des venins de serpents (*Naja tripudians*, *Vipera aspis*, *Crotalus scutulatus*); 2° la bufotaline et la bufoténine, constituants actifs du venin de Crapaux commun (*Bufo bufo*), préparées autrefois par M. M. C. Phisalix et G. Bertrand; 3° du venin d'Abeilles, préparé par les laboratoires Porsin, suivant la méthode Perrin et Cuénot; 4° du chlorhydrate de salamandrine préparé par l'une de nous (M. Phisalix).

---

(1) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 323.

(2) Séance du 4 mars 1935.

Dans 20$^{cm^3}$ d'une solution d'uranine à 1^g par litre, on dissolvait 40^{mg} de venin desséché, de manière à obtenir une solution à 2^g par litre du venin employé, et on comparait, à l'aide du fluoromètre de Francis Perrin, le pouvoir fluorescent de la solution d'uranine additionnée de venin à celui de la solution d'uranine pure.

Dans le cas de la bufotaline et de la bufoténine, la quantité correspondante du produit était dissoute dans 1$^{cm^3}$ d'alcool et diluée ensuite dans la solution d'uranine; on ajoutait le même volume, 1$^{cm^3}$ d'alcool, à la solution d'uranine témoin.

Pour le venin d'Abeilles, on a introduit 2$^{cm^3}$,5 de la préparation dans 20$^{cm^3}$ de solution d'uranine, la solution témoin étant constituée par le mélange de 20$^{cm^3}$ de la solution d'uranine avec 2$^{cm^3}$,5 d'eau salée physiologique.

Dans aucun de ces cas où les substances essayées sont de nature protéique, résinoïde ou autre, nous n'avons observé de diminution appréciable du pouvoir fluorescent de l'uranine sous l'influence du venin. Il semble dès lors légitime d'en conclure que les venins étudiés (Serpents, Crapauds, Abeilles) ne possèdent pas la propriété antioxygène, et qu'aucune part de leur action sur les êtres vivants ne saurait être rattachée à un ralentissement des processus d'oxydation cellulaire.

Par contre, avec la salamandrine, alcaloïde retiré du venin dorsal de Salamandre terrestre, nous avons observé une diminution nette du pouvoir fluorescent, comme le montrent les valeurs suivantes du quotient Φ/Φ_0 des pouvoirs fluorescents de la solution d'uranine additionnée d'alcaloïde et de la solution témoin d'uranine pour deux concentrations C de cet alcaloïde, évaluées en grammes par litre.

C.	Φ/Φ_0.
2^g par litre	0,92
5^g par litre	0,85

Ces résultats montrent que la Salamandrine (le premier alcaloïde connu d'origine animale, préparé pour la première fois en 1866 par Zolesky), se comporte, à l'égard de la fluorescence des solutions d'uranine, comme les alcaloïdes d'origine végétale (1), et qu'on peut le considérer comme doué de propriétés antioxygènes.

(1) Achard, Boutaric et Bouchard, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1757.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur le pouvoir rotatoire spécifique, la dispersion rotatoire et le dosage polarimétrique des protéides sériques.* Note (¹) de M. **Mladen Paić** et de Mlle **Valerie Deutsch**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans la littérature on ne trouve pas de méthode de dosage des protéides sériques basée sur la polarimétrie. Le pouvoir rotatoire spécifique des protéides sériques lui même est très mal connu, les valeurs trouvées dans la littérature variant considérablement (²). Il nous a donc paru intéressant d'étudier de plus près la dispersion rotatoire et le pouvoir rotatoire spécifique des protéides sériques et d'examiner la possibilité d'application de la polarimétrie à leur dosage.

Nous avons utilisé 20 sérums frais, centrifugés, des lapins normaux et syphilitiques (souche Truffi). Les sérums des lapins syphilisés ont été examinés par la réaction sérologique de Meinicke. Les mesures ont été faites en lumière verte (5461 Å), jaune (5780 Å) et rouge (6234 Å) de la lampe à mercure. Le tube d'observation était de 10^{cm} de longueur. Toutes les mesures ont eu lieu à la température du laboratoire, sans emploi de thermostat, le coefficient de température du pouvoir rotatoire de protéides sériques étant insignifiant (³). La concentration c g/100^{cm^3} des protéides dans le sérum a été déterminée gravimétriquement (⁴).

Le pouvoir rotatoire spécifique $[\alpha]_\lambda$ a été établi, comme dans le cas de la réfraction s (⁵), soit en tenant compte du pouvoir rotatoire du sérum avant et après précipitation des protéides, soit par la détermination de la pente de la droite $\alpha_\lambda = f(c)$.

En opérant suivant le premier procédé, on détermine d'abord le pouvoir rotatoire α_λ du sérum, puis on additionne celui-ci d'un volume égal d'acide acétique $n/25$, et l'on chauffe le tout, en tube scellé, 10 minutes à 100°C. Après centrifugation, on détermine le ponvoir rotatoire β_λ du liquide

---

(¹) Séance du 4 mars 1935.

(²) Voir Rondoni, *Ztschr. Immunforsch. u. exp. Ther.*, **34**, 1922, p. 416; Starlinger et Hartl, *Biochem. Ztschr.*, **160**, 1925, p. 148.

(³) P. Lecomte du Noüy, *Ann. de l'Inst. Pasteur*, **43**, 1929, p. 749; M. Paić, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 382.

(⁴) Méthode de Kniping et Kowitz, modifiée par Starlinger et Hartl (*loc. cit.*, p. 129).

(⁵) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1306.

résiduel surnageant. La valeur $2\beta_\lambda$ correspond alors au pouvoir rotatoire du sérum déprotéidé. Les valeurs $2\beta_\lambda$ ainsi obtenues varient, par exemple pour la lumière jaune, entre 0° et — 0°, 16, la valeur moyenne étant — 0°,07. En connaissant $2\beta_\lambda$, on calcule le pouvoir rotatoire spécifique des protéides d'après la formule

$$[\alpha]_\lambda = \frac{100(\alpha_\lambda - 2\beta_\lambda)}{l.c}, \qquad (1)$$

où l est l'épaisseur traversée en *dm*, les autres lettres ayant les significations mentionnées ci-dessus. Les valeurs $[\alpha]_\lambda$, varient entre — 61°,4 et — 69°,7 pour la lumière verte, entre — 52°,5 et — 60°,2 pour la lumière jaune et entre — 44°,9 et — 51°,3 pour la lumière rouge, les valeurs moyennes respectives étant

$$-64°,7 \pm 2°,3, \quad -55°,9 \pm 2°,0 \quad \text{et} \quad -47°,5 \pm 1°,6.$$

En opérant suivant le deuxième procédé, la méthode des moindres carrés nous donne, pour les trois longueurs d'onde, les équations suivantes :

$$\alpha_{5461} = -0,638c - 0,12; \qquad \alpha_{5780} = -0,516c - 0,33 \qquad (2), (3)$$

et

$$\alpha_{6234} = -0,427c - 0,37. \qquad (4)$$

Il est facile de voir que les coefficients — 0,638, — 0,516 et — 0,427 multipliés par 100 présentent, dans notre cas, les valeurs moyennes des pouvoirs rotatoires spécifiques, tandis que les constantes — 0,12, — 0,33 et — 0,37 correspondent aux pouvoirs rotatoires moyens $2\beta_\lambda$ des sérums déprotéidés. En comparant les valeurs obtenues par les deux procédés, on constate que les valeurs moyennes de $[\alpha]_\lambda$ déterminées par le premier procédé sont supérieures à celles obtenues par le deuxième, tandis que c'est justement le contraire pour les valeurs $2\beta_\lambda$. L'équation empirique

$$[\alpha]_\lambda = -1,0575.10^{3} + 3,172.10^{-1}\lambda - 2,478.10^{-5}\lambda^{2}, \qquad (5)$$

valable entre 5461 et 6234 Å, représente ces valeurs en fonction de la longueur d'onde.

En connaissant α_λ d'un sérum, on peut déterminer, à l'aide des équations (2) à (4), sa teneur en protéides. L'erreur moyenne de c ainsi déterminée est pour les trois longueurs d'onde $\pm 0,21$ g/100$^{\text{cm}^3}$. La précision de la détermination polarimétrique des protéides sériques est donc très légèrement supérieure à celle de la détermination réfractométrique ([4]).

L'équation suivante, valable entre 5461 et 6234 Å et une épaisseur traversée de 1^{dm}, donne α_λ d'un sérum en fonction de λ et de c :

$$(6)\quad \alpha_\lambda = 108,9 - 35,68c + 1,822c^2 - \lambda\,10^{-2}(3,751 - 1,191\,c + 6,342.10^{-2}c^2) - \lambda^2\,10^{-7}(-32,0 + 10,01\,c - 0,547c^2) \pm 0,13.$$

Il nous reste encore à dire que toutes les relations établies sont aussi bien valables pour les sérums syphilitiques, Meinicke positifs ou négatifs, que pour les sérums normaux. Ce résultat prouve, d'accord avec nos recherches antérieures (1), la grande ressemblance ou peut être l'identité des protéides provenant des sérums normaux et des sérums syphilitiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de particules siliceuses dans les tissus animaux.* Note (2) de M. **Georges Antoine**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La silice peut être métabolisée par des organismes très divers et elle peut ensuite se présenter sous deux aspects différents : rester à l'état diffus dispersée dans les milieux organiques ou apparaître à l'état figuré. Les spicules des Equisétacées et des Graminées, les carapaces des Diatomées, les concrétions internodales des Bambous, les spicules des Éponges, sont des formations résultant d'un métabolisme de la silice. D'après A. Labbé (3), il en serait de même des particules qu'il a recemment découvertes chez les Oncidielles.

La silice circulante et la silice précipitée sous forme figurée représentent ce que E. Kahane a appelé la *silice de constitution* par opposition à la *silice d'interposition* qui elle, est d'origine exogène, et ne peut pénétrer qu'accidentellement ou par effraction dans les organismes où on la rencontre. Telles sont les poussières siliceuses imprégnant le poumon normal ou pathologique, ainsi que les fines particules signalées en 1933 par L. Lematte et E. Kahane (4) dans le sang circulant et auxquelles ces auteurs attribuaient une origine respiratoire. Ces particules sont de formes et de dimensions irrégulières, elles sont de structure cristalline et biréfringentes

(1) M. Paić, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 286; **199**, 1934, p. 382; M. Paić et Deutsch, *C. R. Soc. Biol.*, **118**, 1935, p. 119.

(2) Séance du 4 mars 1935.

(3) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 533.

(4) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 575.

et elles laissent un résidu après traitement par FH. Par contre, les particules de *silice de constitution* sont amorphes, isotropes et ne laissent pratiquement aucun résidu après traitement par FH.

J'ai entrepris l'étude de la silice figurée des êtres vivants au moyen des techniques perchloriques, de destruction des matières organiques et j'ai étudié (¹) la répartition des particules siliceuses dans les différentes régions du poumon. J'ai ainsi été amené à rechercher si les particules qui, en grand nombre, quittent le tissu pulmonaire proprement dit pour se localiser dans les ganglions voisins ne pouvaient pas se fixer également dans d'autres organes. J'ai effectué un assez grand nombre de destructions nitro-sulfoperchloriques d'organes et de muscles humains et animaux, le prélèvement était fait dans des conditions qui excluaient autant que possible le risque d'introduction de poussières de toutes sortes. La destruction était également l'objet des plus grandes précautions (emploi de réactifs distillés ou filtrés, conservés dans des flacons sans rodages, etc.). J'ai ainsi constaté que, d'une manière presque générale, le résidu de destruction contenait une quantité variable de petites particules qui, à première vue, peuvent être assez exactement comparées à des grains de sable. Ces particules sont attaquables par FH, dont l'évaporation laisse un résidu appréciable. L'examen en lumière polarisée met en évidence leur biréfringence. Ces deux caractères les différencient des particules de *silice de constitution* (Tabaschirs, spicules d'Éponges, etc.) qui sont isotropes et ne laissent aucun résidu appréciable après attaque fluorhydrique.

Les particules observées seraient donc des particules compactes de *silice d'interposition*. Ce sont des petits grains à contours arrondis dont les dimensions sont extrêmement variables et peuvent aller de la limite de visibilité jusqu'à $0^{mm},5$ environ (*fig.* 1 et 2).

L'absence d'arêtes vives jointe à la biréfringence de ces particules les différencie nettement des fragments de verre qui, malgré les précautions prises, pourraient être introduits dans le ballon laboratoire. D'ailleurs, je me suis assuré directement que de très petits fragments de verre subissant un traitement analogue à celui des matières organiques au cours de leur destruction, ont conservé leur structure amorphe, leur forme irrégulière et leurs nombreuses arêtes vives (*fig.* 3).

Les particules siliceuses observées ont été rencontrées avec une fréquence

(¹) R. Fabre, *Ann. Méd. lég.*, 15, 1935, p. 95; E. Kahane, *ibid.*, p. 102; G. Antoine, *ibid.*, p. 108.

variable suivant les individus dans une même espèce (homme, cheval, bélier, verrat, singe) et suivant les organes chez un même individu. Malgré le nombre des expériences qui est de l'ordre d'une centaine environ, il est impossible de réunir sous forme de résultats d'ensemble les observations



Fig. 1. — Gr. = 50. Fig. 2. — Gr. = 50. Fig. 3. — Gr. = 10.

effectuées. Les particules n'ont été recueillies que dans les cas plus favorables où elles étaient les plus volumineuses. Leur poids total atteint alors quelques milligrammes et même 20 ou 30^{mg} par kilogramme de matière fraîche.

L'origine de ces particules siliceuses n'est pas encore déterminée; cependant, nous croyons pouvoir leur attribuer une origine exogène et considérer leur silice comme étant de la *silice d'interposition*. S'agit-il d'un agrégat de particules très fines ayant pénétré dans l'organisme par l'appareil respiratoire ou de particules homogènes ayant pénétré par effraction à la faveur d'une lésion de la peau ou d'une muqueuse ? Telles sont les questions qui se posent et auxquelles les expériences en cours permettront peut-être de répondre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de quelques membranes végétales.* Note de Mme **Yvonne Khouvine**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les végétaux supérieurs, purifiés par la soude, l'hypochlorite, le bisulfite et l'acide chlorhydrique, laissent un résidu de cellulose qui donne, quelle qu'en soit l'origine, le même spectre de diffraction aux rayons X, ce qui permet de conclure que les diverses celluloses ont le même système cristallin.

Nous avons voulu comparer le spectre de diffraction des linters de coton à celui de quelques végétaux inférieurs. Pour cela, nous avons traité ces végétaux deux fois de suite, à 96°, par la soude à 2 pour 100 pendant 6 heures, puis une fois par l'hypochlorite de sodium à 0,5 pour 100 de chlore actif pendant deux heures et, de nouveau, par de l'hypochlorite à 0,025 pour 100. Après avoir fait subir à ces végétaux une deuxième série de traitements identiques, nous les avons laissés, à froid, pendant 4 à 5 heures dans une solution de bisulfite de sodium à 2 pour 100, puis, toute une nuit, dans une solution d'acide chlorhydrique à 2 pour 100. Enfin, après les avoir lavés à fond, nous les avons fait bouillir successivement dans trois alcools, à 90, 95 et 99 pour 100 et dans de l'éther.

Nous avons obtenu de la sorte des résidus blanchâtres, dont l'aspect dépend de l'état de division de la matière première. Leurs spectres de diffraction aux rayons X nous a montré que les membranes d'*Equisetum arvense* (Equisétinées), d'*Hypnum trichetrum* (Mucinées) et de *Marchantia polymorpha* (Hépatiques) contiennent de la cellulose dont le système cristallin est le même que celui des linters de coton. Les raies ont les mêmes rapports d'intensité et les angles de diffraction la même valeur. Ces celluloses sont, du reste, solubles dans la liqueur de Schweizer et comme, en outre, elles donnent par hydrolyse totale 97-98 pour 100 de glucose, elles sont de tout point semblables à la cellulose des végétaux supérieurs.

Mais *Rocella Montaignei* (Lichens) et la levure de boulangerie de Springer (Ascomycètes) donnent un résidu dont le spectre de diffraction aux rayons X n'est pas celui des linters de coton. Les membranes des lichens et des levures contiennent donc des substances qui, sans être de la cellulose, résistent aux mêmes traitements qu'elle.

L'étude chimique de ces substances confirme les résultats des rayons X en montrant qu'elles sont insolubles dans le réactif de Schweizer et que leurs dérivés acétylés diffèrent des acétates cellulosiques. Elles sont solubles cependant dans l'acide sulfurique concentré et donnent alors, comme la cellulose, du glucose par hydrolyse totale.

L. Zechmeister [1], en étudiant aussi les membranes des levures, a pu isoler un 2.4.6 triméthylglucose et montrer ainsi que les restes de glucose ne sont pas liés par un point oxydique 1.3.

L'étude des dérivés méthylés du polyholoside des membranes des lichens nous fera probablement connaître le mode de liaison des groupes réducteurs.

---

(1) L. Zechmeister et G. Toth, *Bioch. Zeit.*, **270**, 1934, p. 309.

MICROBIOLOGIE. — *L'eau lourde a-t-elle une action sur les bactéries?* Note [1] de MM. **René Dujarric de la Rivière** et **Étienne Roux**.

Certains auteurs ont reconnu à l'eau lourde des propriétés abiotiques. Il nous a paru intéressant de rechercher si elle est toxique pour les bactéries.

Nous avons employé pour nos expériences de l'eau lourde (oxyde de deuterium) à $0^{mol},46$ pour 100 [2].

Nous avons tout d'abord recherché la présence de bactéries dans cet échantillon d'eau lourde. Nous n'avons trouvé ni bacille du colon, ni bactéries putrides. Sur plaques de gélatine, les colonies étaient nombreuses mais provenaient de trois espèces seulement : Pneumobacille, une sarcine jaune non liquéfiante et quelques colonies d'une sarcine blanche liquéfiante. L'eau n'ayant pas été transportée dans les conditions de température nécessaires pour éviter la multiplication des germes, cette analyse prouve seulement que certaines espèces bactériennes, peu nombreuses dans le cas particulier, peuvent vivre pendant un temps assez long dans l'eau lourde à $0^{mol},46$ pour 100.

Nous avons ensuite cherché à préciser pendant combien de temps diverses bactéries : B. du colon, Pneumobacille, B. typhique, B. paratyphiques A et B, B. de Shiga, *Proteus vulg.*, Staphylocoque, Streptocoque, Méningocoque, B. diphtérique et *B. perfringens* peuvent survivre dans cette eau lourde. Cinq gouttes d'une culture de 24 heures en bouillon ou d'une émulsion de culture sur gélose du microbe à l'étude étaient mises au contact de l'eau lourde et des repiquages étaient pratiquées d'abord d'heure en heure, puis de jour en jour pendant 20 jours. Sauf pour le Pneumobacille et le *Proteus*, les bactéries examinées ont survécu sensiblement moins longtemps dans l'eau lourde que dans l'eau de source. Pour un même microbe, le temps de survie a été souvent intermédiaire entre ceux trouvés pour l'eau distillée et l'eau de source employées comme témoins dans les mêmes conditions d'expérience.

Si l'on étudie comparativement l'action des rayons ultraviolets sur des émulsions bactériennes faites respectivement dans l'eau lourde, l'eau distillée et l'eau de source, on constate que c'est dans l'eau lourde que certains microbes : Méningocoque, B. du colon, Streptocoque, sont le plus rapide-

---

(1) Séance du 4 mars 1935.

(2) Provenant de *The Ohio Chemical C°.*, à Cleveland, O. U. S. A.

ment détruits. Il est à noter que ce phénomène ne se produit plus lorsque l'eau lourde a été préalablement chauffée à 120° pendant 30 minutes.

L'échantillon d'eau lourde que nous avons examiné ne contenait pas de bactériophage mais n'empêchait pas l'action d'un bactériophage anti-Shiga que nous avions préparé.

Ce même échantillon d'eau lourde s'est montré hémolytique pour les globules d'Homme et de Mouton au même titre que l'eau distillée. Une eau physiologique, salée à 9 pour 100, que nous avions préparée avec de l'eau lourde, possédait vis-à-vis des globules les mêmes propriétés que l'eau physiologique ordinaire.

Nous avons complété ces expériences *in vitro*, par des expériences *in vivo*. Des essais préalables de toxicité nous ont montré que des lapins de 3^{kg} en moyenne peuvent supporter 5^{cm^3} par voie intraveineuse ou intrapéritonéale et 10^{cm^3} par voie sous-cutanée de notre échantillon d'eau lourde.

Nous avons, en faisant varier les conditions de l'expérience, inoculé à des lapins et à des cobayes, soit des émulsions de B. paratyphique B., soit de la toxine diphtérique ou tétanique, en faisant précéder ou suivre ces inoculations de l'injection d'eau lourde (par diverses voies). Nous n'avons noté aucune protection contre l'infection microbienne ou l'action des toxines.

L'échantillon d'eau lourde que nous avons examiné, avait un pouvoir bactéricide nul ou très peu marqué, suivant les microbes examinés, et assez voisin de celui de l'eau distillée. Il est possible que d'autres échantillons, à d'autres concentrations, aient une action bactéricide plus marquée et c'est sur ce point que portent nos recherches actuelles.

MÉDECINE. — *Influence de la température et de la saison sur la mortalité.* Note de M. **Louis Besson**, présentée par M. Arsène d'Arsonval.

Une Note publiée sous le même titre [1] concernait seulement la mortalité par maladies inflammatoires des organes de la respiration à Paris. La même recherche a été étendue à trois autres causes importantes de décès : la phtisie pulmonaire, les maladies organiques du cœur et le cancer. Comme précédemment toutes les données, nombres de décès par semaines et moyennes hebdomadaires de température, ont été tirées du *Bulletin*

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2010.

de statistique municipale. On a considéré séparément deux périodes de 10 années chacune : 1904-1913 et 1923-1932. Le travail a été conduit de la façon indiquée dans la Note précitée. En premier lieu on a recherché quel est le décalage le plus fréquent entre les variations de la température et celles du nombre de décès. Pour le cancer comme pour les maladies inflammatoires des organes de la respiration il est d'une semaine. Pour la phtisie pulmonaire, il est, soit d'une semaine, soit de quatre, avec une égale fréquence. Pour les maladies du cœur, il est nul (à l'échelle de la semaine).

Cela étant, on a recherché comment variait le nombre de décès, aux diverses époques de l'année, en fonction de la température moyenne (de la même semaine pour les maladies du cœur, de la semaine précédente pour les trois autres causes).

En première approximation, la relation a été supposée linéaire et l'on a calculé par la méthode des moindres carrés le coefficient angulaire de la droite. On a trouvé ainsi que, pour un million d'habitants et par semaine, une différence de 1° en moins sur la température moyenne de la semaine déterminait en moyenne une augmentation du nombre de décès égale à 2,1 pour les maladies inflammatoires des organes de la respiration, à 0,6 pour la phtisie pulmonaire, à 0,5 pour les maladies du cœur et à 0,2 pour le cancer. Ces chiffres ont peu changé d'une période de 10 ans à l'autre.

On a comparé ensuite les nombres de décès observés aux nombres calculés par ces formules linéaires, selon l'écart en plus ou en moins de la température à sa moyenne pour l'époque et l'on a constaté la généralité du résultat trouvé précédemment pour les maladies inflammatoires des organes de la respiration : Quand l'écart thermique est grand, aussi bien en plus qu'en moins, la mortalité est notablement plus grande que ne l'indiquerait la formule linéaire, et cela à toutes les époques de l'année. Mais, pour un même écart thermique, l'augmentation de la mortalité n'est pas la même pour les quatre causes de décès : elle est la plus grande pour les maladies inflammatoires des organes de la respiration, un peu moindre pour les maladies du cœur, moindre encore pour la phtisie pulmonaire et beaucoup plus petite pour le cancer.

En corrigeant d'après ces résultats les indications des formules linéaires, on a alors calculé, pour chacune des treize époques de l'année considérées, les mortalités correspondant à une température de 10°, de manière à faire ressortir l'influence de la saison en éliminant celle de la température.

Les deux périodes de 10 années fournissent, pour chacune des causes de décès, les variations saisonnières ci-dessous différentes l'une de l'autre :

Nombres de décès en une semaine, réduits à la température de 10° *et à un million d'habitants, pour les périodes* 1904-1913 *et* 1923-1932.

Époque de l'année.	Maladies inflammatoires des organes de la respiration.		Phtisie pulmonaire.		Maladies du cœur.		Cancer.	
15 janvier	53	45	64	40	24	29	22	25
12 février	60	**54**	70	44	24	**30**	22	25
12 mars	**63**	50	**81**	46	**26**	28	22	25
9 avril	60	48	80	**47**	25	27	22	25
7 mai	60	46	79	46	25	26	22	26
4 juin	58	42	78	45	24	25	22	25
2 juillet	47	32	72	43	22	22	22	25
30 juillet	33	23	63	41	**18**	**19**	22	24
27 août	**32**	**22**	60	35	20	21	**20**	24
24 septembre	38	29	62	**33**	23	25	21	25
22 octobre	41	31	62	35	22	25	21	25
19 novembre	42	34	61	35	23	26	22	26
16 décembre	45	37	**59**	37	23	28	22	24
Moyennes	48,6	37,9	68,8	40,5	23,0	25,5	21,7	24,9

En faisant abstraction de leurs irrégularités visiblement accidentelles, ces variations sont toutes du même type simple, caractérisé par un maximum à la fin de l'hiver ou au printemps et un minimum à la fin de l'été ou en automne.

L'amplitude de cette variation saisonnière est grande pour les maladies inflammatoires des organes de la respiration (37 pour 100 en plus et en moins de la mortalité moyenne annuelle). Elle est à peu près moitié moindre pour la phtisie pulmonaire et les maladies du cœur et presque nulle pour le cancer.

Enfin l'examen des moyennes au bas du Tableau montre dans quel sens et quelle proportion le taux annuel de mortalité, *réduit à une même température*, a changé d'une période à l'autre. Pour les maladies inflammatoires des organes de la respiration et pour la phtisie pulmonaire, il a diminué de 22 et 41 pour 100. Au contraire, pour les maladies du cœur et pour le cancer, il a augmenté de 11 et 15 pour 100.

MÉDECINE. — *Recherches sur les restes d'audition chez les sourds-muets. La perception osseuse et son utilisation pédagogique.* Note de MM. **Aristide Malherbe, Raymond Vilenski** et **Noël Herman**, présentée par M. Charles Richet.

L'étude de la physiologie de l'audition nous montre qu'il existe deux voies de pénétration des ondes sonores capables d'atteindre l'appareil de réception : la voie aéro-tympanique et la voie osseuse. Mais, en dernière analyse, cette perception sonore résulte de l'ébranlement du liquide labyrinthique qui impressionne l'élément sensoriel, quelle que soit la voie empruntée.

Un grand nombre de sourds-muets, dont l'audition par la voie normale (aéro-tympanique) est déficiente, présentent une condition osseuse utilisable.

Ces reliquats auditifs ont été recherchés et mesurés à l'Institution nationale des Sourds-Muets de Paris sur 187 enfants âgés de plus de 9 ans. Nous avons utilisé pour cela un audiomètre de précision permettant l'étude des seuils d'audibilité à différentes fréquences, tant par voie aéro-tympanique que par voie osseuse au moyen d'un écouteur électrostatique et d'un vibrateur à conduction osseuse.

Pour vérifier la réalité de la sensation auditive éprouvée par des sujets qui n'ont jamais entendu, nous avons d'une part étudié particulièrement les caractéristiques auditives des enfants dans les régions du spectre sonore où ne peut se manifester aucune sensibilité tactile et, d'autre part, nous avons constitué des réflexes conditionnels afin d'objectiver la sensation.

L'examen des audiogrammes que nous avons établis permet de constater en premier lieu que le nombre des sourds complets est extrêmement réduit (2,7 pour 100) et, en second lieu, que les sujets susceptibles en raison des fréquences perçues, d'entendre les phonèmes du langage, se répartissent comme suit :

Audition des voyelles seules. — 57,3 pour 100 au moyen de l'écouteur électrostatique; 32,2 pour 100 au moyen de vibrateur à conduction osseuse.

Audition des voyelles et des consonnes. — 39,1 pour 100 au moyen de l'écouteur électrostatique; 17,6 pour 100 au moyen du vibrateur à conduction osseuse.

Ainsi est mise en lumière l'importance chez les sourds-muets de restes auditifs qui n'avaient pu jusqu'à présent être décelés par suite de la trop faible intensité de l'appareillage acoumétrique usité. On peut, dès à présent, envisager l'utilisation de ces restes auditifs chez une forte proportion de sourds-muets, que nous évaluons à 45 pour 100. Un appareil d'instruction collective a été construit à cet effet. Il se compose d'un microphone à grande profondeur de champ, d'un amplificateur à lampes à vide et d'un nombre variable de transformateurs électromécaniques, vibrateurs à conduction osseuse ou écouteurs électromagnétiques. A ces divers récepteurs individuels correspondent des rhéostats qui permettent à chaque élève de régler l'intensité des sons au degré qui lui est nécessaire. Il est possible de brancher l'appareil sur un phonographe ou sur un poste radiophonique.

Les essais de cet appareil ont donné satisfaction tout au moins en ce qui concerne l'audition, par la majorité des sujets choisis, de disques musicaux; son utilisation purement pédagogique dans tous les cas où l'examen audiométrique aura révélé l'existence de reliquats auditifs suffisamment importants, demande une mise au point préalable afin de lier le nouvel enseignement auditif aux enseignements visuels et moteurs pratiqués jusqu'à présent.

D'une méthode d'éducation mixte ainsi définie, on peut espérer les avantages suivants :

1° *En ce qui concerne la parole :* amélioration de l'émission vocale au triple point de vue de la hauteur, de l'intensité et du timbre.

2° *En ce qui concerne la langue*, c'est-à-dire le domaine psychologique des significations attachées aux mots (vocabulaire, fonctions et flexions grammaticales), introduction de l'enfant dans le monde de la langue perçue auditivement, par incorporation, à propos de chaque terme, de la sensation auditive nouvelle dans le faisceau déjà constitué des autres sensations.

3° Enfin, *en ce qui concerne les facultés intellectuelles* de l'enfant, développement plus rapide, par la perception de la forme sonore du mot qui est, chez le sujet normal, le support des idées abstraites et générales.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *De l'action du titane sur les rats porteurs de sarcomes de Jensen.* Note de Mlle **Dinah Abragam**, transmise par M. Charles Achard.

Pour introduire facilement le titane dans l'organisme du rat, dans le but d'étudier son action sur les tumeurs de cet animal, le mode opératoire choisi a été celui de l'injection intramusculaire.

Le liquide injecté devant nécessairement être neutre, la première difficulté à laquelle on se heurte, lorsque l'on veut avoir recours aux liquides titanifères, est l'instabilité des sels de titane biologiquement utilisables.

1° Dans une première série d'expériences, afin d'obtenir un liquide titanifère répondant aux conditions requises, j'ai utilisé l'hydrate de titane, TiO^2, H^2O, neutre et non toxique, mais insoluble. Cet hydrate, obtenu sous forme de poudre très fine, a été mis en suspension dans de l'huile d'olive neutre, à raison de 50^g d'hydrate pour 100^g d'huile.

Trois groupes d'expériences analogues à celles qui vont être exposées ont été faites et ont abouti à des résultats parallèles.

90 rats, porteurs de sarcomes de Jensen greffés 3 semaines auparavant et très développés, ont été partagés en deux lots de 45 rats. Les rats du premier lot recevaient chaque jour dans une patte postérieure une injection intramusculaire de 1^{cm^3} de la suspension de TiO^2, H^2O dans l'huile d'olive, la suspension étant préalablement stérilisée par tyndallisation. Les rats du deuxième lot servaient de témoins : ils recevaient dans les mêmes conditions des injections d'huile d'olive pure, également stérilisée par tyndallisation.

Dès le 9e jour, on pouvait remarquer que les tumeurs de 4 rats du premier lot avaient considérablement diminué de volume. Au 14e jour 2 autres rats du premier lot présentaient une régression très nette de leurs tumeurs. Les injections ont été poursuivies jusqu'au 28e jour, malgré les difficultés qu'il y avait à les effectuer dans des pattes presque toutes très ulcérées.

A ce moment-là il restait, dans le premier lot, 11 rats vivants : 6 rats qui ne présentaient plus trace de tumeur, 2 rats dont les tumeurs avaient fortement régressé, et 3 rats survivant avec des tumeurs encore développées. Par contre, dans le deuxième lot (lot témoin), il ne restait plus aucun rat vivant.

Le taux des survivants était donc de 24 pour 100 pour le premier lot, et de 0 pour 100 pour le lot témoin; de plus, le taux des régressions était de 17 pour 100 dans le premier lot et de 0 pour 100 dans le lot témoin.

2° Entre temps, il a été possible de préparer un titanocitrate d'ammonium, dont la solution était neutre, et qui a été utilisé dans une deuxième série d'expériences.

92 rats, porteurs de sarcomes de Jensen très développés, ont été partagés en deux lots de 46 rats. Les rats du premier lot recevaient chaque jour dans une patte postérieure une injection intramusculaire de 1^{cm^3} d'une solution aqueuse de titanocitrate, à 1 pour 1000 de Ti. Les rats du deuxième lot, servant de témoins, recevaient dans les mêmes conditions des injections d'une solution de citrate double de Fe et d'Am, à 1 pour 1000 de Fe.

Pendant une durée de 12 jours la fréquence des morts était équivalente dans les deux lots; au 13ᵉ jour, il restait 40 rats dans chaque lot. Entre le 13ᵉ et le 20ᵉ jour, il est mort 4 rats du premier lot et 22 rats du deuxième (lot témoin). Le 20ᵉ jour, m'étant aperçue, d'après l'abaissement du pH de la solution titanique, que le sel avait perdu sa stabilité, j'arrêtai les expériences.

Le bilan final était le suivant : premier lot, 10 morts : 12 pour 100; lot témoin, 28 morts : 61 pour 100. Parmi ces morts aucun rat du premier lot ne présentait à l'autopsie de métastase ni de nodule suspect; par contre, dans le deuxième lot, l'autopsie a montré chez 6 rats des métastases et des nodules suspects.

Conclusion. — L'introduction du titane dans l'organisme des rats, porteurs de sarcomes de Jensen produit sur ces animaux une action favorable, abaissant le taux de leur mortalité, enrayant l'évolution des tumeurs, et pouvant aboutir à la régression de celles-ci.

A $15^h 55^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1935.

Applications mécaniques du mouvement louvoyant. Excentrique réversible. Compresseur. Pompe. Nouveau moteur, par F. E. Myard. Extrait du *Génie civil* du 17 novembre 1934. Paris, publication du Journal *Le génie civil*; 1 fasc. 23cm,5. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

Études des gîtes minéraux de la France. Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine.

— Vol. II : *Faune fossile. Étude de la faune continentale du terrain houiller Sarro-Lorrain*, par Gérard Waterlot;

— Vol. III : *Description géologique*, par Pierre Pruvost. Lille, Imprimerie L. Danel, 1934; 2 vol. 31cm,50.

L'erreur de la médecine et Nouvelle formule de santé, par Aug. Colin. Paris, Parisis Edition; 2 vol. 19cm.

Structure et propriétés des noyaux atomiques. Rapports et discussions du VIIe conseil de physique tenu à Bruxelles du 22 au 29 octobre 1933, sous les auspices de l'Institut international de physique Solvay. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol. 25cm.

Primer Censo del Mal del Pinto en la Republica Mexicana, 1929-1931. Mexico, Departamento de Salubridad Publica, 1934; 1 vol. 26cm,5 × 30cm.

Tables annuelles de constantes et données numériques de chimie; de physique, de biologie et de technologie. Volume X, année 1930, Première partie. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 vol.

La Notochorde. Embryologie générale et expérimentale. Vestiges et tumeurs, par Georges Piraud. Paris, Lefrançois, 1933; 1 vol. 25cm.

Grains de matière et de lumière, par Jean Perrin. Paris, Hermann et Cie, 1935; 1 vol. 25cm,5.

(A suivre.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 MARS 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le tome 198 des *Comptes rendus* (1934, 1er semestre) est en distribution au Secrétariat.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'énergie thermique des mers* [1]. *La campagne de* la Tunisie. Note de M. **Georges Claude**.

L'Académie sait déjà que ce n'est pas d'un succès que je vais l'entretenir; mais elle sait aussi que les leçons des expériences manquées ne sont pas toujours les moins fructueuses : ceci, pourtant, sera à peine le cas ici, car, ç'a été la grande disgrâce de mon entreprise, qu'indéfiniment retardée par toutes sortes d'incidents, elle n'a été réellement abordée, et très partiellement, que dans les derniers jours.

Ce n'est pas cependant que notre matériel se soit mal comporté. Difficile à gouverner dans le vent par suite de la grande voilure arrière constituée par les superstructures de l'usine, *la Tunisie* s'est montrée par contre d'une tenue remarquable, surtout au point de vue du roulis, presque toujours négligeable. De son côté, la tenue à la mer du flotteur sphérique a dépassé mon attente : possédant, grâce à la masse très excentrée du monte-

---

(1) Voir *Comptes rendus*, **183**, 1926, p. 929 et 1005; **185**, 1927, p. 987; **186**, 1928, p. 1251 et 1491; **187**, 1928, p. 556; **188**, 1929, p. 431, 644 et 1460; **189**, 1929, p. 661; **191**, 1930, p. 746, 810 et 903; **192**, 1931, p. 385 et 1421; **194**, 1932, p. 1778; **197**, 1933, p. 567 et 825; **199**, 1934, p. 329.

charge et de ses contre-poids, un moment d'inertie élevé, il constituait, avec ses 130 tonnes, dans la mer *irrégulièrement agitée*, un véritable roc. Plus sensible *à la houle*, il ne lui obéissait pourtant qu'en un mouvement de ludion généralement très pur tant qu'il avait la liberté de ses mouvements. Ainsi devait se trouver très facilité, même par mer agitée et un peu houleuse, le montage du tube, que des oscillations angulaires importantes eussent compromis, tandis que des mouvements de ludion séparés par des périodes nettes de repos dans l'intervalle de deux ondulations, devaient à peine gêner les manœuvres. L'opération amorcée du 8 février a paru confirmer ces prévisions optimistes, et je pense même qu'un mauvais temps passager eût pu survenir pendant la mise en place du tube sans autre inconvénient qu'un arrêt momentané des opérations.

Mais, en premier lieu, *la Tunisie* n'a pu arriver à Rio que le 6 octobre, deux mois après la date envisagée d'abord. Ainsi étaient de suite bien compromis mes projets de lutte contre la chaleur à Rio, la saison vraiment chaude s'y limitant de la mi-décembre à la mi-mars

En second lieu, d'urgentes réparations de matériel ont dû être faites là-bas, au prix d'une nouvelle perte de temps.

D'autre part, dès que *la Tunisie* m'a rejoint à Rio, j'ai dû me convaincre d'erreurs dans mes conceptions; il a fallu les réviser. Par exemple, j'ai dû tenir pour trop risqué de monter le tube sous son flotteur en mer profonde, pour le remorquer ensuite lentement au point de profondeur voulue et le fixer au fond en chargeant son caisson. J'ai substitué à ce procédé l'amarrage du navire et de la sphère au point de profondeur voulue, repéré au sondeur Langevin-Florisson, puis matérialisé et fixé par une forte bouée d'amarrage ou corps-mort, un second corps-mort étant prévu pour le remorqueur et les chalands (1).

J'ai eu aussi le tort d'admettre des tubulures latérales pour la prise de l'eau de surface et la sortie des eaux usées. Outre le danger de voir ces tubulures emportées par gros temps avant de pouvoir être relevées, il est certain qu'avec la houle si fréquente dans ces parages et les valeurs exceptionnelles de certaines de ses oscillations, l'usine eût fonctionné sous le risque perpétuel d'un désamorçage catastrophique. Il eût été bien mieux de généraliser le système des puits intérieurs, employé pour l'eau froide.

En quatrième lieu enfin, des incidents de toutes sortes, sur lesquels je

(1) Gravement détérioré à notre insu 2 mois avant dans un accident en baie de Rio.

passe, se sont succédé, reculant indéfiniment le début de nos opérations.

Ainsi les mois ont succédé aux mois et l'effort auquel j'était préparé, déjà bien aggravé par l'inévitable dépassement des prévisions et par la détestable situation financière mondiale, est devenu écrasant. On voudra bien noter qu'il s'agissait d'une vraie flotille de *sept unités*, représentant un déplacement total de 15000 tonnes, et de plus de 80 hommes d'équipage.

Aussi lorsqu'après 4 mois, le 12 janvier, la première tentative de montage du tuyau a pu être faite, tout de suite arrêtée par la perte du caisson d'amarrage(¹), j'ai failli tout abandonner. Pourtant, après quelques hésitations, d'accord avec le vœu de l'équipage, j'ai fait construire un autre caisson pour tâcher de réussir quand même.

De fait, le caisson terminé, la chance paraît tourner. En 15 jours sans accrocs, chose encore inconnue, une grosse besogne est faite par le capitaine Porcher, l'équipage et mes deux excellents collaborateurs Daimé et Le Rouge. Accrochage du caisson d'amarrage sous le premier élément du tube en place dans le monte-charge; dispositif perfectionné d'amarrage du flotteur pour améliorer sa tenue: dispositif de guidage des éléments de tube dans le monte-charge; puis, à l'arrivée sur les lieux, séparation des deux corps-morts, trop rapprochés, par déplacement à bonne distance de l'un d'eux, malgré les six tonnes d'ancres et les 700^{m} de profondeur; amarrage approprié d'un des chalands et de la sphère aux flancs de *la Tunisie*, pendant que les trois autres chalands et le remorqueur s'amarrent au second corps-mort; installation du matériel de préhension des tubes. Et ce 8 février, l'immersion peut enfin commencer, par mer relativement agitée et houleuse, le temps des longues patiences étant maintenant passé.

Dès le début, la préhension des éléments du tube sur le chaland, leur montée au-dessus du monte-charge, soit à près de 20^{m} au-dessus de la mer, puis leur introduction dans le monte-charge, où ils sont enfin saisis par l'appareil de levage, amenés en place et boulonnés, toutes ces opérations se font aisément, dans la satisfaction générale, malgré l'agitation de la mer : à mesure que le personnel se familiarise, le temps des opérations s'améliore : le quatrième élément, au lieu de 50 minutes, n'en prend plus que 30, soit, pour la pose complète, une durée probable de 36 heures.

Pourtant, un phénomène inquiétant tempère notre joie. De temps à autre, une violente secousse ébranle la sphère. Je comprends bientôt que les 15 tonnes du caisson d'amarrage suspendu à l'élément du bas ne lui suffisent pas, en raison de ses 40$^{m^2}$ de surface, pour accompagner certains mouvements de descente de la sphère. La chaîne de suspension du caisson

se détend alors pour se retendre avec violence quand le mouvement s'inverse. Je vais remédier à cela en faisant envoyer dans le caisson quelques tonnes du minerai qui doit le charger, quand, le cinquième élément étant en place, le caisson disparaît : Je veux connaître les raisons de ce coup terrible, car la résistance de ce second caisson a été faite à toute épreuve : ce ne peut être lui qui a cédé. De fait, les éléments en place ayant été retirés par les manœuvres inverses, la cause de l'accident apparaît : ce sont les cloisons médianes de l'élément inférieur, par lesquelles le caisson était supporté, qui, trop faibles, ont cédé sous les chocs dont nous n'avions pas prévu la violence. Si cet accident s'était normalement produit 3 mois plus tôt, ce n'eût rien été : il suffisait de refaire un nouvel élément assez renforcé et un nouveau caisson en évitant comme je l'ai dit ces coups de catapulte.

Maintenant, avec les mauvaises nouvelles que je reçois de France, il serait fou de m'entêter quand *tout* est encore à faire après 5 mois et que l'effort financier est désormais trop lourd.

En outre, une grave réflexion d'un tout autre ordre m'arrêterait. Si, en effet, cet accident ne s'était, par bonheur, produit tout de suite, si l'élément endommagé avait tenu jusqu'à la fin, sans doute eût-il cédé sous l'augmentation énorme de l'effort de traction lors de l'enfoncement de la sphère par l'envoi au caisson des 200 tonnes de minerai de fer; et c'eût été alors la catastrophe, le navire torpillé par la sphère.

Recommencer, même ce point faible renforcé, alors que la révélation du danger couru peut en faire craindre d'autres (et j'ai cru reconnaître dans les mouvements de la boule, et, surtout, de l'eau du puits central, certain faits inquiétants de résonance), risquer ainsi la vie de l'équipage, et sans un matériel deux fois sûr, je ne m'en suis pas reconnu le droit; à cet égard encore, je devais abandonner, ayant cette chance de ne dépendre que de moi. Pour m'enlever toute possibilité d'une nouvelle tentation, j'ai blessé moi-même à mort le superbe appareil d'un coup de dynamite. Mais il a fallu plusieurs heures d'une lutte où je l'ai vu lutter comme un être vivant pour forcer à disparaître ce qui n'était plus qu'une épave dangereuse.

J'ajoute que des films non encore développés ont été pris des principaux épisodes de cette expédition.

En résumé, on voit qu'au contraire de ce qu'on pourrait croire, le non aboutissement de mes projets ne peut être invoqué contre la possibilité d'utiliser pratiquement l'énergie thermique marine, ni même contre mes moyens de réalisation, et les difficultés de la mer elles-mêmes n'y ont été pour rien. Le fait, c'est que je n'ai même pas pu tenter ma chance.

Évidemment, il est dur que de l'imposant matériel de l'usine de force motrice, pas plus que de celui de l'usine frigorifique, *absolument rien* n'ait pu servir, que rien n'ait pu être obtenu, en ce qui les concernait, de la précieuse documentation que je voulais réunir pour l'avenir. Pourtant, l'un des points essentiels qui m'avaient engagé à entreprendre ces essais après les réussites d'Ougrée et de Cuba était la réalisation d'une conduite sous-marine plus pratique : à cet égard, on a vu qu'il y a eu commencement d'exécution, et très encourageant : il semble même que la pose d'un tuyau sous-marin par les moyens prévus soit plutôt plus facile que nous ne l'avions admis et qu'au lieu de la mer très calme supposée nécessaire, on pourrait accepter une agitation très notable, à la condition d'un matériel de toute sécurité. La houle est cependant un obstacle sérieux et l'on augmenterait les chances de la première installation qui se fera en la réalisant dans des parages favorisés à cet égard, comme par exemple la baie de Port au Prince, si les courants n'y sont pas trop intenses.

Enfin nous avons fait un certain nombre de constatations utiles, dont je parlerai dans une prochaine Note.

Il me sera donc permis de penser que, l'importance future de la question n'étant plus discutée, mon geste n'aura pas été inutile pour l'avenir.

A la suite de cette Communication, M. le **Président** prend la parole en ces termes :

Mon cher Confrère,

Nous avons suivi avec un poignant intérêt l'exposé que vous venez de nous faire de votre second voyage en vue d'organiser une installation technique permettant d'utiliser dans la production d'énergie les différences de température entre les eaux de la surface de la mer et celle qui existe aux grandes profondeurs.

De ce voyage, vous êtes revenu sans avoir obtenu les résultats définitifs sur lesquels vous pouviez si légitimement compter : les désillusions éprouvées au cours de cette dure campagne n'ont pas entamé votre confiance dans les possibilités d'une réalisation que vos travaux ont préparée.

Les difficultés que vous avez rencontrées dans l'exécution de votre grandiose projet n'ont pas lieu de nous surprendre : quand on s'adresse aux forces les plus redoutables de la nature pour les asservir et les utiliser, il faut s'attendre à une résistance opiniâtre dont seule une énergie comme la vôtre peut avoir raison.

Je puis vous dire que, dans cette lutte que vous avez à soutenir contre des éléments hostiles, vous avez la sympathie affectueuse de tous vos Confrères dont je me fais l'interprète : que cette sympathie soit pour vous ce réconfort moral dont tous les savants, parmi les plus grands, ont besoin à certains moments, pour ne pas s'abandonner au découragement : avec vous, mon cher Confrère, votre passé si chargé déjà en utiles et brillantes découvertes est un sûr garant de l'avenir.

M. **Arsène d'Arsonval** s'exprime en ces termes :

Loin d'être un échec, la récente campagne de notre Confrère Georges Claude dans les mers du Brésil constitue au contraire une importante étape vers l'utilisation de l'énergie thermique des mers.

Dans ses expériences antérieures d'Ougrée, et surtout de Cuba, Claude a montré que la vapeur d'eau à faible température et à très basse pression pouvait actionner une turbine appropriée avec un rendement industriel inespéré.

C'est là une démonstration capitale dont la possibilité fut vivement contestée au début. Claude résolut ce premier problème avec élégance et prouva l'inanité de ces critiques *a priori*.

L'usine fixe, l'usine côtière ont marché, la première à Ougrée, la deuxième à Cuba.

Voilà le fait acquis.

A Cuba, la plus grande difficulté rencontrée a été l'immersion du tube de prise d'eau froide.

Notre confrère a pensé qu'il serait sans doute plus facile d'immerger un pareil tube en pleine mer, à bord d'un bateau pouvant constituer une usine flottante se déplaçant.

C'est pourquoi il a entrepris à lui seul sa campagne du Brésil.

Il vient de nous en énumérer sommairement quelques péripéties.

Il a généreusement glissé sur d'autres dont la matière n'est pas seule responsable; car, si elle est redoutable, on peut compter, par contre, sur sa loyauté.

Claude endosse d'ailleurs crânement toutes les responsabilités. Il n'est pas de ceux qui font leur meâ-culpâ sur la poitrine du voisin.

Je savais qu'il n'a pu mettre à l'épreuve sa nouvelle conception que 15 jours avant de quitter la mer brésilienne.

Les résultats obtenus prouvent néanmoins que non seulement cette conception n'est pas irréalisable, mais qu'elle constitue un progrès.

Si notre Confrère n'a pu réaliser intégralement cette immersion, c'est parce que l'inexorable temps lui a fait défaut.

Jamais en effet n'a été plus justifié ce proverbe : Le temps, c'est de l'argent. A Rio il valait pour Claude environ 10000^{fr} par jour et cela simplement pour l'entretien de sa flottille et de son personnel.

Un pareil effort de la part d'un particulier se passe de commentaires; il a fallu néanmoins convaincre son auteur qu'il n'était pas stérile.

Souffrez en terminant, mon cher Claude, que je vous adresse un petit reproche amical.

Vos succès antérieurs dans la création de tant d'industries nouvelles vous rendent exigeant et un peu impatient.

Depuis 40 ans que je suis témoin et confident de vos nombreuses inventions j'ai constaté que chacune d'elle vous a demandé de 5 à 7 ans pour la faire passer dans l'industrie. Et c'est bien là un record de vitesse quoique vous en pensiez. Cela tient à ce que vous possédez un don naturel, un septième sens, que j'appellerai le *sens de la matière*; je dis bien un septième sens pour ne pas nuire au sixième de mon ami Richet. Vous savez, en effet et par intuition ce que vous pouvez demander à la matière et ce qu'elle n'osera pas vous refuser.

Aussi, mon cher Claude, après votre campagne mouvementée du Brésil, permettez à vos amis, c'est-à-dire à toute l'Académie, de vous renouveler aujourd'hui son vote de confiance.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le mode d'action des suspensions de carbone introduites dans la circulation*. Note (¹) de M. AUGUSTE LUMIÈRE et Mlle SUZANNE SONNERY.

En 1923, M. Conklin, exposait les résultats favorables qu'il avait obtenus, dans le traitement des infections chez les animaux, en injectant dans leur circulation, des particules de carbone finement pulvérisé.

C'est seulement une dizaine d'années plus tard que des tentatives furent faites au Canada, principalement par M. Saint Jacques, en vue d'appliquer ce procédé thérapeutique à la clinique humaine.

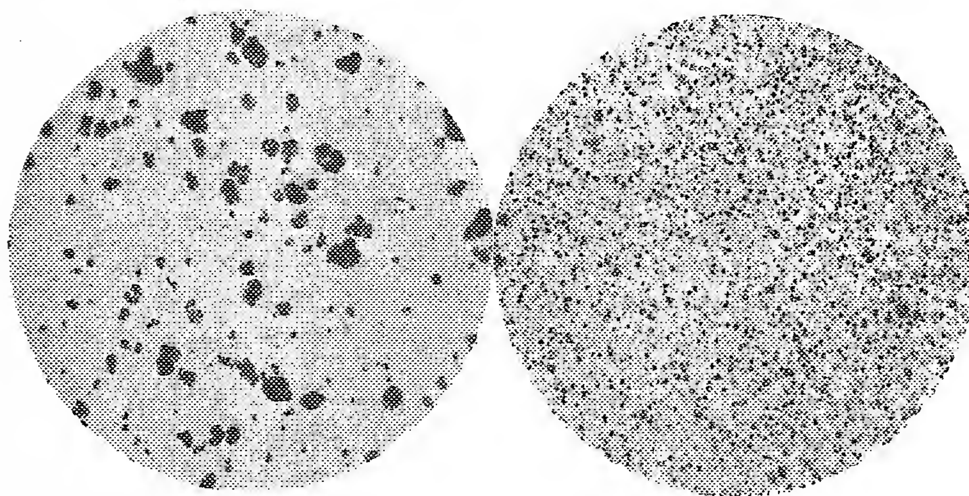
Au cours de ses travaux sur les colloïdes, l'un de nous a montré que les précipités insolubles et chimiquement inertes, introduits dans le torrent

(¹) Séance du 11 mars 1934.

circulatoire, provoquaient généralement des chocs plus ou moins violents et parfois mortels, l'intensité des troubles déclenchés étant en relation avec la forme, la consistance, le nombre et les dimensions des particules solides ainsi qu'avec la vitesse de leur pénétration ou de leur formation dans le sang [1].

Or les particules de carbone, à l'état de division et de suspension dans lesquelles elles sont injectées dans les veines ne produisant pas de choc, les nouveaux travaux des auteurs canadiens soulèvent les questions principales suivantes, à l'étude desquelles nous nous sommes attachés.

1° Par quel mécanisme la présence dans le plasma sanguin de particules



de carbone peut-elle agir utilement pour combattre les processus infectieux?

2° Quelles sont les conditions de forme et de dimension que doivent remplir les éléments insolubles injectés pour ne déterminer aucun choc?

3° Indépendamment des caractères physiques que doivent présenter les corpuscules injectés, leur nature elle-même intervient-elle pour conditionner les propriétés anti-infectieuses?

Le but de la présente Note est d'apporter un commencement de contribution à la première de ces questions.

A cet effet, nous avons utilisé des suspensions à 2 pour 100 de carbone d'origine animale ou végétale, dans le sérum physiologique, les dimensions

(1) Auguste Lumière, *Colloïdes et Micelloïdes*, Paris, 1933.

des grains variant, en général, de un à trois centièmes de millimètre dans les préparations à gros grains et de deux à cinq millièmes de millimètre dans les suspensions à grains fins. Les microphotographies reproduites ci-contre montrent, au grossissement de 175 diamètres, l'aspect des deux types de préparation qui ont été utilisés dans nos expériences, le nombre des éléments variant, suivant les cas, de 8 millions à 250 millions de particules par millimètre cube.

Les injections de ces suspensions ont été faites dans la veine marginale de l'oreille, chez le lapin, à doses variant de $0^{cm^3},3$ à $0^{cm^3},5$ par kilog d'animal. Des numérations globulaires et leucocytaires ont été effectuées avant, puis 1 heure, 6 heures, 10 heures et 24 heures après les injections.

Ces numérations nous montrent que le taux des hématies n'est pas influencé par le traitement, tandis que la leucocytose est augmentée d'une façon constante.

Le tableau ci-dessous donne une idée de cette augmentation :

	Nombre de leucocytes par millimètre cube.				
Lapins.	Avant injection.	1 heure après.	6 heures après.	10 heures après.	24 heures après.
I ♂	6100	6700	18200	18600	9400
II ♂	10100	8300	17300	15900	5800
III ♀	7000	8600	8700	13500	8000
IV ♀	5600	6700	17300	6400	4600
V ♂	8200	8700	14200	10500	9200
VI ♂	7200	12200	9700	9300	10000
VII ♀	6400	6600	7300	10400	19200
VIII ♀	5800	5300	6600	14200	7900

On peut tirer de nos premiers essais, les conclusions suivantes :

1° Les injections intraveineuses de carbone provoquent une hyperleucocytose qui correspond approximativement au doublement du taux des cellules blanches.

2° Cette hyperleucocytose s'établit quelques heures après l'injection; elle atteint, en général, son maximum de 6 à 10 heures après l'administration de la préparation et elle cesse, le plus souvent, après 24 heures environ.

D'autres expériences, dont les détails seront compris dans des Mémoires ultérieurs nous ont permis, en outre, de faire deux autres constatations :

3° Les injections de petites doses quotidiennes donnent sensiblement les mêmes résultats que les doses fortes d'emblée, toutefois, l'accroissement

leucocytaire un peu moins élevé paraît, dans ces cas, s'établir avec un certain retard.

4° Il semble que l'hyperleucocytose persiste un peu plus longtemps quand on fait usage de préparations à grains fins.

Il est donc probable que l'action favorable des injections intravasculaires de carbone, dans les infections, résulte principalement de l'hyperleucocytose qu'elles provoquent.

NOMINATIONS.

MM. **A. Gosset** et **J.-L. Faure** sont désignés pour représenter l'Académie à la commémoration du centenaire de la mort de Guillaume Dupuytren, qui sera célébrée à l'Hôtel-Dieu, le 7 avril 1935.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la place vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *Paul Painlevé*, pour la première ligne, M. *Charles Fabry* obtient 33 suffrages contre 23 à M. *Jean Perrin;* il y a 1 bulletin blanc et 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne, M. *Charles Maurain* obtient 41 suffrages contre 6 à M. *Georges Perrier* et 5 à M. *Jean Perrin;* il y a 1 bulletin blanc et 1 bulletin nul.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne	M. **Charles Fabry**.
En seconde ligne	M. **Charles Maurain**.

Dans la formation d'une liste de deux candidats à la place vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *Benjamin Baillaud*, pour la première ligne, M. *Georges Perrier* obtient 51 suffrages contre 2 à M. *Charles Maurain*.

Pour la seconde ligne, M. *Armand Lambert* obtient 41 suffrages; il y a 3 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne................ M. **Georges Perrier.**
En seconde ligne................. M. **Armand Lambert.**

CORRESPONDANCE.

Le Président de l'**Union astronomique internationale** adresse l'ordre du jour de l'Assemblée générale que tiendra cette Union, à Paris, le 10 juillet 1935.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur l'invariance par rapport aux petites transformations.* Note de M. **Samuel Eilenberg**, présentée par M. Émile Borel.

En désignant par $|x_1 - x_2|_X$ la distance entre deux points x_1 et x_2 dans l'espace X, une propriété d'un ensemble $X_0 \subset X$ sera dite invariante par rapport aux *petites transformations*, lorsque pour un $\varepsilon < 0$ elle est invariante par rapport à chaque transformation par fonction continue f telle que $|x - f(x)|_X < \varepsilon$ pour tout $x \subset X_0$. En remplaçant cette condition par celle que l'on ait $\delta[f^{-1}(y)] < \varepsilon$ pour tout $y \subset f(X_0)$, on obtient la définition de l'invariant par rapport aux *transformations à petites tranches* (1).

Évidemment chaque propriété invariante par rapport aux transformations à petites tranches l'est aussi par rapport aux petites transformations. Or je démontre que, pour les *propriétés intrinsèques d'un espace métrique et compact quelconque* X_0, *le théorème inverse est aussi vrai.* Notamment :

Étant donné une suite d'espaces disjoints, métrisables et compacts X_0, X_1, X_2, ..., *et une suite de fonctions continues sur* X_0 *telles que* $f_i(X_0) = X_i$ *et que*

$$\lim_{i \to \infty} \left\{ \max_{x \in X_i} \delta[f_i^{-1}(x)] \right\} = 0, \tag{1}$$

(1) Ces notions importantes sont dues à M. P. Alexandroff, *Annals of Mathematics*, Second Series, 30, 1928, p. 103.

il existe un espace métrique compact $X = \sum_{i=0}^{\infty} X_i$ *tel que*

$$(2) \qquad \lim_{i \to \infty} \left\{ \max_{x \in X_0} |x - f_i(x)|_X \right\} = 0.$$

Démonstration. — Pour les suites $x_1, x_2, \ldots$, où $x \in X_{i_k}$, posons

$$(3) \qquad \lim_{k \to \infty} x_k = x$$

dans X lorsque *il existe un* k_0 *telle que* $i_{k+k_0} = i_{k_0}$ *et que* $\lim_{k \to \infty} x_{k+k_0} = x$ *dans* $X_{i_{k_0}}$, ou bien

$$(4) \qquad \lim_{k \to \infty} i_k = +\infty \qquad \textit{et} \qquad \operatorname{Lim}_{k \to \infty} f_{i_k}^{-1}(x_k) = (x)$$

dans X_0.

On constate facilement qu'en imposant cette topologie à l'ensemble

$$X = \sum_{i=0}^{\infty} X_i,$$

on obtient un espace compact et satisfaisant aux conditions du théorème d'Urysohn ([1]), donc qui peut être supposé métrique.

Ceci dit, supposons, contrairement à (2), qu'il existe dans X_0 pour un $\eta > 0$ une suite $x_1, x_2, \ldots$ et une suite d'indices $i_1, i_2, \ldots$, telles que l'on ait

$$(5) \qquad \lim_{k \to \infty} i_k = +\infty$$

et

$$(6) \qquad |x_k - f_{i_k}(x_k)|_X > \eta > 0.$$

L'espace X_0 étant compact, on peut supposer qu'il existe un $x \subset X_0$ tel que

$$(7) \qquad \lim_{k \to \infty} x_k = x \qquad \text{dans } X_0,$$

ce qui entraîne en vertu de (3) que

$$(8) \qquad \lim_{k \to \infty} x_k = x \qquad \text{dans } X.$$

D'après (1) et (5) on a $\lim_{k \to \infty} \delta[f_{i_k}^{-1} f_{i_k}(x_k)] = 0$ et comme $x_k \in f_{i_k}^{-1} f_{i_k}(x_k)$,

([1]) *Math. Ann.*, 94, 1925, p. 310.

on en tire $\lim\limits_{k\to\infty} f_{i_k}^{-1} f_{i_k}(x_k) = (x)$ dans X_0 en vertu de (7). Selon (5) et (4) on a donc $\lim\limits_{k\to\infty} f_{i_k}(x_k) = x$ dans X contrairement à (8) et (6).

Remarquons que l'espace X peut être plongé dans le cube fondamental Q_ω de l'espace de Hilbert et que, étant donné une fonction qui transforme par homéomorphie l'espace primitif X_0 en un sous-ensemble de Q_ω, on peut l'étendre toujours sur X tout entier de manière qu'elle reste continue et qu'elle soit une homéomorphie aussi sur $X - X_0$. Si $\dim X_i \leqq n$ pour $i = 1, 2, \ldots$, on peut remplacer Q_ω par R_{2n+1} (¹).

Parmi les applications, signalons la démonstration suivante du théorème de MM. Borsuk et Ulam (²) :

L'existence d'une transformation continue et essentielle φ *d'un espace compact* $X_0 \subset Q_\omega$ *en surface sphérique n-dimensionnelle* S_n *est une propriété invariante par rapport aux transformations à petites tranches.*

Il suffit de trouver un $\varepsilon > 0$ tel que toute transformation continue f assujettie pour tout $x \subset X_0$ à l'inégalité $|x - f(x)| Q_\omega < \varepsilon$ donne lieu à une transformation essentielle ψ de $f(X_0)$ en S_n.

S_n étant un rétracte absolu du voisinage, il existe un entourage $U \supset X_0$ sur lequel la fonction φ admet une extension ψ (³). Considérons un ε assez petit pour que tout segment rectiligne $\overline{x, f(x)}$ où $x \subset X_0$ soit contenu dans U. Dans ces conditions $\psi f(x)$ est une transformation essentielle de X_0 en S_n, de sorte que la fonction ψ transforme l'ensemble $f(X_0)$ en S_n d'une façon essentielle.

Évidemment, dans ce dernier raisonnement S_n peut être remplacé par un rétracte absolu de voisinage quelconque.

TOPOLOGIE. — *Sur la définition des groupes de Betti des ensembles fermés.* Note de M. **Claude Chevalley**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Désignons par F un ensemble métrique compact et par $\mathcal{G}$ un groupe additif quelconque.

(¹) U. Hurewicz, *Sitzunsb. Preus. Akad.*, 1933, p. 754-768. Les raisonnements de M. Hurewicz s'appliquent à Q_ω au lieu de R_{2n+1} sans exiger aucune hypothèse sur la dimension de l'espace X.

(²) *Math. Ann.*, **108**, 1933, p. 311-318.

(³) K. Borsuk, *Fund. Math.*, **19**, 1932, p. 222, 224 et 227.

I. Pontrjargin (1) définit de la manière suivante le groupe de Betti B^r pour la dimension r suivant le groupe $\mathcal{G}$:

1° On appelle *cycle vrai* de F une suite $(Z_1, Z_2, \ldots, Z_n, \ldots)$ de cycles sur F à coefficients dans $\mathcal{G}$ satisfaisant aux conditions suivantes : il existe deux suites (δ_n), (ε_n) de nombres positifs tendant vers o telles que Z_n soit un δ_n-cycle et que $Z_{n+1} \underset{\varepsilon_n}{\sim} Z_n$.

Les cycles vrais de F forment un groupe additif.

2° Le cycle vrai $(Z_1, Z_2, \ldots, Z_n, \ldots)$ est dit homologue à o ($\sim$ o) s'il existe une suite (η_n) de nombres positifs tendant vers o telle que $Z_n \underset{\eta_n}{\sim} 0$.

Les cycles $\sim$ o forment un sous-groupe du groupe des cycles vrais. Le groupe quotient correspondant est le groupe B^r.

II. L'approximation spectrale de F par des complexes (2) permet d'associer à F une *suite inverse d'homomorphies* (3) de la manière suivante : soit $(K_1, K_2, \ldots, K_n, \ldots)$ la suite de complexes donnant une approximation spectrale de F. Il existe pour chaque n une application simpliciale Π_n de K_{n+1} sur K_n (la projection). Soit B_n^r le groupe de Betti pour la dimension r de K_n, construit avec $\mathcal{G}$. Π_n définit une homomorphie de B_{n+1}^r dans B_n^r, que nous désignerons encore par Π_n, de sorte que la suite de groupes $(B_1^r, B_2^r, \ldots, B_n^r, \ldots)$ définit, avec les Π_n, une suite inverse d'homomorphies.

Posons, pour $m \geqq n$, $\Pi_{m,n} = \Pi_n \Pi_{n+1}, \ldots, \Pi_m . \Pi_{m,n}$ est une homomorphie de B_{m+1}^r dans B_n^r; si $m' \geqq m$, on a $\Pi_{m',n} B_{m'+1}^r \subset \Pi_{m,n} B_{m+1}^r$. Désignons par C_n^r l'intersection de tous les groupes $\Pi_{m,n}(B_{m+1}^r)$ pour $m = n, n+1, \ldots$. On a $\Pi_n C_{n+1}^r = C_n^r$, et par suite les C_n^r définissent, avec les Π_n, une suite inverse d'homomorphies dans laquelle l'application d'un groupe se fait non pas seulement *dans*, mais *sur* le précédent.

III. Or une telle suite (C_n^r) définit (4) un *groupe-limite* $\overline{B}^r$ de la manière suivante : les éléments de $\overline{B}^r$ sont les suites $(\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n, \ldots)$ dans lesquelles on a

$$\gamma_n \subset C_n^r, \qquad \Pi_n \gamma_{n+1} \doteq \gamma_n.$$

(On peut d'ailleurs, dans la définition, remplacer la première condition par la condition $\gamma_n \subset B_n^r$: la deuxième condition entraîne alors automatiquement la première).

---

(1) *Ann. of Math.*, 35, 1934, p. 904.

(2) Cf. Alexandrof, *Ann. of Math.*, 30, 1928, p. 101.

(3) Cf. Pontrjargin, *Math. Ann.*, 105, 1931, p. 165.

(4) Cf. Herbrand, *Math. Ann.*, 108, 1933, p. 699.

Ceci posé, on a le théorème suivant :

Les groupes B^r, $\overline{B}^r$ *sont isomorphes*. — La démonstration n'est pas difficile, mais comporte quelques longueurs. C'est pourquoi nous ne la donnerons pas ici. On remarquera que, si F est de dimension finie, la proposition précédente résulte du fait que B^r et $\overline{B}^r$ sont tous deux isomorphes au groupe dual du groupe de Betti de $R^n - F$, construit en prenant les coefficients dans le groupe dual de $\mathcal{G}$, R^n étant un espace euclidien qui contient F(1). Mais il n'est peut-être pas sans intérêt de démontrer cette proposition directement dans tous les cas.

IV. Si les groupes B_n^r d'une suite inverse d'homomorphies sont des groupes topologiques compacts et si les applicatious Π_n sont continues, le groupe limite peut-être défini comme groupe topologique de la manière suivante [cf. le travail cité de Herbrand, qui considère des groupes limites de groupes finis] : prenons dans B_n^r un voisinage U_n de o de telle manière que : 1° $\Pi_n U_{n+1} \subset U_n$; 2° l'intersection des $\Pi_{m,n} U_m (m = n, n+1, \ldots)$ se réduise à l'élément o. On voit facilement que ceci est toujours possible. Désignons par V_m l'ensemble des suites $(\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n, \ldots)$ de $\overline{B}_r$ telles que $\gamma_m \subset U_m$. Si nous appelons *voisinages* d'un élément γ de $\overline{B}_r$ les ensembles $\gamma + V_m$, ces voisinages définissent $\overline{B}_r$ comme groupe topologique, et le groupe ainsi obtenu est compact.

V. Si $\mathcal{G}$ est un groupe topologique compact, et si B_n^r est le groupe de Betti de K_n construit avec $\mathcal{G}$, on peut définir B_n^r comme groupe topologique compact en appelant voisinage de o dans B_n^r l'ensemble des classes de cycles homologues qui contiennent des cycles de la forme $\Sigma \alpha_i S_i^r$, les α étant des éléments d'un voisinage donné de o dans $\mathcal{G}$, les S_i^r étant les simplex de dimension r de K_n. Dans ces conditions, les applications π_n sont continues, et par suite $\overline{B}_r$ se trouve défini comme groupe topologique compact.

D'autre part Pontrjargin a défini une topologie dans B^r (*loc. cit.*). *Si nous identifions* B^r *avec* $\overline{B}^r$, *les deux topologies ainsi obtenues coïncident*.

VI. Il est à remarquer que la limite d'une suite de groupes localement compacts n'est pas en général un groupe localement compact. Cela semble rendre difficile l'extension de la topologie combinatoire à des ensembles tels que les o_δ (o désignant les ensembles ouverts), puisque les groupes de Betti qui s'introduisent pour les ensembles ouverts ne sont pas compacts.

---

(1) Ce fait se déduit facilement des théorèmes du mémoire cité en (3).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les directions de Borel des fonctions méromorphes d'ordre nul.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

Les directions de Borel des fonctions méromorphes d'ordre ρ positif, fini ou infini, sont en relation intime avec les suites de cercles de remplissage de même ordre ρ. Pour les fonctions d'ordre nul les circonstances sont un peu différentes. Par exemple lorsque la fonction caractéristique $T(r)$ vérifie la condition

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\log T(r)}{\log_2 r} + k + 1 > 2,$$

les cercles de remplissage sont seulement d'ordre $k - 1$ en $\log r$; leur existence n'entraîne plus *ipso facto* celle de direction de Borel d'ordre k. On peut en faire une étude directe en employant les méthodes utilisées dans deux Notes précédentes [1].

$f(z)$ étant méromorphe autour du point à l'infini, ρ fini, supposons d'abord que l'on ait

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{T(r)}{(\log r)^2 \log_2 r} = \infty; \tag{1}$$

on peut construire une majorante $U(r)$ de $T(r)$ telle que

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{T(r)}{U(r)} = 1, \qquad \lim_{r=\infty} \frac{U(r)}{(\log r)^2 \log_2 r} = \infty, \qquad \frac{U(2r)}{U(r)} \leqq k < \infty \quad \text{si} \quad r > r_0.$$

$n(t, \alpha, \varepsilon, x)$ étant le nombre des points du secteur $r_0 \leqq |z| \leqq t$, $|\varphi - \alpha| \leqq \varepsilon$ ($\varphi = \arg z$), où $f(z)$ prend la valeur x, posons

$$N(r, \alpha, \varepsilon, x) = \int_{r_0}^{r} n(t, \alpha, \varepsilon, x) \frac{dt}{t}$$

$$\delta(\alpha, \varepsilon, x) = \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{\pi N(r, \alpha, \varepsilon, x)}{\varepsilon U(r)}, \qquad \delta(\alpha, x) = \overline{\lim_{\varepsilon=0}} \delta(\alpha, \varepsilon, x).$$

Lorsque x varie, $\delta(\alpha, x)$ caractérise la distribution des valeurs de $f(z)$ dans la direction α, on peut appeler $\delta(\alpha, x)$ le *caractère* de x dans cette direction. On démontre que $f(z)$ *et* α *étant donnés, si le caractère de* x *est nul pour trois valeurs* a, b, c *il est nul pour toutes les autres sauf au plus pour*

---

[1] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 803-805; 192, 1931, p. 269-271.

des x formant un ensemble de mesure linéaire nulle (sur la sphère). $f(z)$ étant donnée, il s'ensuit que, pour chaque α les deux éventualités suivantes sont seules possibles : 1° $\delta(\alpha, x)$ *est nul sauf pour un ensemble de mesure linéaire nulle*, on peut dire que *le caractère moyen est nul;* 2° *le caractère est positif pour tous les x sauf deux au plus*. Pour une direction α de caractère positif, si petit que soit ε, on aura

$$(2) \qquad \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{N(r, \alpha, \varepsilon, x)}{U(r)} > 0$$

pour tous les x sauf deux au plus, et l'inégalité reste valable *a fortiori* si l'on y remplace $U(r)$ par $T(r) + h(\log r)^2 \log_2 r$, si grand que soit h. D'autre part, en précisant les circonstances relatives au cas du caractère moyen nul, *on montre qu'il existe au moins une direction de caractère positif.*

Si l'on suppose seulement

$$(3) \qquad \overline{\lim_{r=\infty}} \frac{T(r)}{(\log r)^2} = \infty,$$

on trouve des résultats analogues en introduisant une majorante $V(r)$ de $T(r)$ telle que

$$\overline{\lim_{r=\infty}} \frac{T(r)}{V(r)} = 1, \qquad \lim_{r=\infty} \frac{V(r)}{(\log r)^2} = \infty, \qquad \frac{V(2r)}{V(r)} < K < \infty, \text{ si } r > r_0,$$

et en remplaçant $\delta(\alpha, \varepsilon, x)$ par

$$\delta'(\alpha, \varepsilon, x) = \overline{\lim_{p=\infty}} \frac{\pi N(r_p, \alpha, \varepsilon, x)}{\varepsilon V(r_p)}$$

avec

$$\lim_{p=\infty} \frac{V(r_p)}{p(\log r_p)^2} = \infty.$$

Les propositions obtenues n'ont plus alors la même portée puisqu'elles n'entraînent plus l'homogénéité de la distribution des valeurs dans toute direction, mais *elles assurent encore l'existence d'une direction de Borel pour laquelle on a une égalité analogue à* (2) $V(r)$ ou $T(r) + h(\log r)^2$ remplaçant $U(r)$. En rapprochant ceci d'un théorème relatif aux fonctions entières ne vérifiant pas (3) ([1]), on voit que, *pour toutes les fonctions holomorphes autour du point à l'infini, il existe toujours une direction de Borel dans laquelle* l'ordre réel *de toutes les fonctions $f(z) - x$ sauf une au plus est égal à* l'ordre apparent *autour du point à l'infini.*

([1]) *Annales Fac. Sciences Toulouse*, 3e série, 5, 1913, p. 117-258.

Le passage de la moyenne N à la fonction n se fait évidemment dans les mêmes conditions que lorsqu'il s'agit des fonctions habituelles relatives à une couronne, mais il n'est plus utile d'avoir une approximation aussi serrée, vu l'indétermination du second membre des inégalités telles que (2). On peut introduire dans tous les cas une majorante $W(X)$ de $T(e^X)$, construite toujours de la même façon, à dérivée (à droite ou à gauche) non décroissante et telle que $W'(X') \leqq 2W(X)$ si $W(X') = 2W(X)$; n est borné par $kW'(\log r)$ et, dans les directions de Borel, $n/W'(\log r)$ ne peut tendre vers zéro que pour deux valeurs au plus. Il est enfin manifeste, que dans les directions de caractère moyen nul, on pourra comparer N à T^β, $\beta < 1$, ..., tant que les fonctions introduites croissent plus vite que $(\log r)^2$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe de représentations continues.* Note de M. **M. Lavrentieff**, présentée par M. Hadamard.

Dans cette Note je me propose d'indiquer quelques propriétés d'une classe de représentations continues des domaines plans.

1. *Définition.* — Nous dirons qu'une fonction $w = f(z)$ de la variable complexe z est *presque analytique* dans un domaine $\mathcal{D}$ si cette fonction jouit des propriétés suivantes :

1° La fonction $f(z)$ est définie, uniforme et continue dans le domaine $\mathcal{D}$ du plan z.

2° Exception faite d'un ensemble dénombrable et fermé de points z_0, la fonction $w = f(z)$ réalise une correspondance homéomorphe entre les voisinages, suffisamment petits, des points z_0 et $w_0 = f(z_0)$; si dans le même voisinage de z_0, z décrit une circonférence dans le sens positif, le point $w = f(z)$ décrit une courbe simple fermée dans le sens positif.

3° Il existe deux fonctions réelles $p(z) \geqq 1$ et $\theta(z)$ de la variable z telles que : a, $p(z)$ est continue dans $\mathcal{D}$, $\theta(z)$ est continue en chaque point z de $\mathcal{D}$ où $p(z) \neq 1$. b, construisons dans le plan z l'ellipse $\mathcal{E}$: z est le centre de $\mathcal{E}$, l'angle entre le grand axe de $\mathcal{E}$ et l'axe réel est égal à $\theta(z)$, a et b étant les axes de $\mathcal{E}$, nous avons $1 < a : b = p(z)$. Cela posé, nous avons

$$\lim_{a \to 0} \left| \frac{f(z_1) - f(z_0)}{f(z_2) - f(z_0)} \right| = 1,$$

où z_1 et z_2 sont des points de $\mathcal{E}$ pour lesquels l'expression $|f(z) - f(z_0)|$ atteint respectivement son maximum et son minimum.

Les fonctions $p(z)$ et $\theta(z)$ seront appelées *fonctions caractéristiques* de la fonction presque analytique $f(z)$.

Si nous supposons que la fonction caractéristique $p(z)$ est bornée, nous obtenons une classe de fonctions analogue à une classe de fonctions considérée par M. Grötzsch [1].

2. *Propositions préliminaires.* — Indiquons quelques propriétés des fonctions presque analytiques univalentes.

LEMME I. — *Si* $w = f(z)$, $[f(0) = 0]$ *est une fonction presque analytique et réalise une représentation homéomorphe du cercle* $|z| < 1$ *sur le cercle* $|w| < 1$ *et si* $0 \leq p(z) - 1 < \varepsilon$, *alors, quels que soient le point* z *et le nombre* ρ, $0 < \rho < 1 - |z|$, *nous avons*

$$1 - \eta(\varepsilon) < \left| \frac{f(z + \rho e^{i\varphi}) - f(z)}{f(z + \rho e^{i\psi}) - f(z)} \right| < 1 + \eta(\varepsilon), \qquad 0 \leq \varphi < 2\pi, \qquad 0 \leq \psi < 2\pi,$$

où $\lim_{\varepsilon \to 0} \eta(\varepsilon) = 0$, $\eta(\varepsilon)$ *ne dépend que de* ε *et ne dépend pas de* f.

LEMME II. — *Quelle que soit la fonction analytique réelle* $x' = \varphi(x)$ *de la variable réelle* x, $\varphi(-1) = -1$, $\varphi(1) = 1$, $\varphi'(x) > 0$ *pour* $|x| < 1$, *on peut construire deux fonctions analytiques* $f_1(z)$ *et* $f_2(z)$ *telles que :*

a. $f(z)$ *est univalente pour* $|z| \leq 1$, $\mathfrak{I} m z \leq 0$; $f_2(z)$ *est univalente pour* $|z| \leq 1$, $\mathfrak{I} m z \geq 0$.

b. $f_1(x) = f_2[\varphi(x)]$, $-1 < x < 1$;

c. si $|z_1| \leq 1$, $\mathfrak{I} m z_1 < 0$ *et* $|z_2| \leq 1$, $\mathfrak{I} m z_2 > 0$, *alors* $f_1(z_1) \neq f_2(z_2)$.

3. *Théorème d'existence.* — Des lemmes 1 et 2, il est facile de déduire les résultats suivants :

THÉORÈME 1. — *Quelles que soient les fonctions* $p(z)$, $[p(z) > 1]$ *et* $\theta(z)$ *définies pour* $|z| \leq 1$, $p(z)$ *continue pour* $|z| \leq 1$ *et* $\theta(z)$ *continue si* $p(z) \neq 1$; *on peut construire une fonction presque analytique* $w = f(z)$, $f(0) = 0$, $f(1) = 1$, *qui réalise la représentation homéomorphe du cercle* $|z| < 1$ *sur le cercle* $|w| < 1$ *et qui possède des caractéristiques données* $p(z)$ *et* $\theta(z)$.

THÉORÈME 2. — *Soient* $p(z)$ *et* $\theta(z)$ *deux fonctions qui vérifient les conditions du théorème 1 pour* $z \neq 0$. *Désignons par* $q(r)$ *le maximum de* $p(z)$ *pour* $|z| = r$. *Si* $\int_0^r \frac{dr}{r\,q(r)}$ est divergente, *on peut construire une fonction presque analytique* $w = f(z)$ *dont les fonctions caractéristiques sont les fonctions* $p(z)$ *et* $\theta(z)$ *et qui réalise la représentation homéomorphe du cercle* $|z| < 1$ *sur le cercle* $|w| < 1$.

---

(1) *Ber. der Sachs. Acad. Wiss.*, **80**, 1928, p. 503.

4. *Applications analytiques.* — Les théorèmes suivants sont basés sur les théorèmes 1 et 2 et sur la remarque suivante : Soit $F(z)$ une fonction presque analytique dans le cercle $|z| < 1 + \varepsilon$, $\varepsilon > 0$, et soient $p(z)$ et $\theta(z)$ les fonctions caractéristiques de $F(z)$. Construisons la fonction $f(z)$ du théorème 2 et désignons par $z = \varphi(w)$ la fonction inverse de $f(z)$; alors la fonction $F[\varphi(z)]$ est une fonction analytique et régulière dans $|z| < 1$.

THÉORÈME DE M. PICARD. — *Soit $w = f(z)$ une fonction presque analytique pour $|z| < 1$, $z \neq 0$. Supposons que la caractéristique $p(z)$ vérifie les conditions du théorème 2 et que, pour $z \to 0$, la fonction $f(z)$ ne tende vers aucune limite finie ou infinie. Dans ces conditions, l'équation $f(z) = a$ admet une infinité de racines au voisinage du point $z = 0$, sauf peut-être pour une seule valeur a* (1).

THÉORÈME D'UNICITÉ. — *Deux fonctions presque analytiques dans un domaine $\mathcal{D}$, ayant les mêmes caractéristiques $p(z)$ et $\theta(z)$ et coïncidant sur un ensemble de points ayant un point limite dans $\mathcal{D}$, coïncident identiquement.*

THÉORÈME DE FATOU. — *Si $f(z)$ est presque analytique et bornée pour $|z| < 1$ et si les caractéristiques $p(z)$ et $\theta(z)$ vérifient les conditions de Hölder*

$$|p(z + \Delta z) - p(z)| < |\Delta z|^{\alpha}, \qquad |\theta(z + \Delta z) - \theta(z)| < |\Delta z|^{\alpha},$$

il existe sur la circonférence $|z| = 1$ un ensemble E de mesure 2π tel que $f(z)$ tend vers une limite déterminée quand z tend vers un point quelconque de E en suivant un chemin non tangent à la circonférence.

Ce théorème cesse d'être vrai si l'on remplace les conditions de Hölder par les conditions de continuité.

5. *Applications géométriques.* — Soit $S : \zeta = F(\xi, \eta)$ une surface dans l'espace euclidien, les fonctions F, $\partial F/\partial \xi$, $\partial F/\partial \eta$ étant définies et continues pour toutes les valeurs finies de ξ et η. D'après le théorème 1, on peut faire la représentation conforme de S sur le plan ou sur le cercle $\xi^2 + \eta^2 < 1$. Dans le premier cas, on dit que la surface S est du type parabolique; dans le deuxième cas, que S est du type hyperbolique.

THÉORÈME 3. — *Désignons par $q(z)$ le maximum de $|\operatorname{grad} F(\xi, \eta)|$ pour $\xi^2 + \eta^2 = z^2$. Si $\int_0^{\infty} dr/r\,q(r)$ diverge, S est du type parabolique.*

On peut indiquer quelques classes de surfaces S du type hyperbolique.

---

(1) M. Grötzsch a démontré cette proposition dans le cas où $p(z)$ est bornée (*loc. cit.*).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Torsiomètre stroboscopique pour la détermination de la puissance d'un groupe motopropulseur de navire.* Note[1] de M. **Charles Ledoux**, présentée par M. Émile Jouguet.

La détermination de la puissance d'une machine, à l'aide d'un torsiomètre, découle de la mesure avec cet appareil, de l'angle dont tournent, l'une par rapport à l'autre par suite de la torsion, deux sections de l'arbre de transmission moteur résistance, distantes d'une longueur connue.

Les torsiomètres nombreux déjà existant, qu'ils soient mécaniques (Hopkinson, Föttinger, etc.) ou électriques, ces derniers permettant de déterminer le moment moteur moyen, lorsque celui-ci varie notablement au cours d'un tour, ne diffèrent entre eux que par la manière dont ils permettent, sur l'arbre en rotation, d'effectuer la mesure de l'angle de torsion β de la rotation relative des extrémités d'un tronçon de ligne d'arbre interposé entre la turbine et l'arbre porte hélice.

Le torsiomètre dont il est question ici fait appel à la méthode stroboscopique pour la mesure de cet angle β, l'effet stroboscopique servant à donner au système en rotation l'apparence d'immobilité absolue.

Par une disposition commune à tous les torsiomètres mécaniques, la la rotation relative de deux sections de l'arbre $\alpha\beta$, $\gamma\delta$ est transmise intégralement à deux disques circulaires de même rayon et d'axes confondus avec l'axe de l'arbre de transmission et très voisins l'un de l'autre. Le premier disque porte sur sa surface cylindrique latérale une division en degrés et fractions de degré. En regard de cette division et porté par le second disque, peut se déplacer un vernier au 1/20 ou au 1/50. On lit directement le déplacement relatif de ces deux graduations l'une par rapport à l'autre et l'on en déduit immédiatement l'angle β dont $\alpha\beta$ a tourné par rapport à $\gamma\delta$ lorsque le tronçon d'arbre $\alpha\beta$ $\gamma\delta$ subit une déformation de torsion.

Cette lecture est très facile lorsque le système est immobile. Elle devient impossible en fonctionnement normal. On la rend possible en utilisant l'effet stroboscopique c'est-à-dire en projetant sur l'ensemble des deux disques un éclair lumineux aussi bref que possible et jaillissant au moment précis où les deux disques se présentent dans la même position au cours de

---

(1) Séance du 11 mars 1935.

la rotation autour de leur axe commun. Par suite du phénomène de la persistance rétinienne des impressions lumineuses, les graduations portées par les deux disques, toujours éclairées au même point de l'espace et invisibles le reste du temps, paraissent complètement immobiles, à ce point qu'il est très aisé d'effectuer, en s'aidant d'une forte loupe, la lecture de l'angle de torsion β, les positions relatives de la graduation en degré et de son vernier au 1/20 ou au 1/50 apparaissant aussi nettement que si l'ensemble des organes en rotation était réellement immobile.

Les lectures faites simultanément de l'angle β et de la vitesse de rotation permettent de calculer la puissance de la machine à l'instant considéré.

On peut obtenir également l'effet stroboscopique par un procédé classique beaucoup plus simple donnant également de très bons résultats. Il suffit de fixer sur l'un des disques gradués considérés plus haut, une plaque circulaire munie d'une fente à travers laquelle il est facile d'examiner la position relative des deux graduations supposées bien éclairées. Comme dans la première expérience, grâce à l'apparence d'immobilité absolue, il est aisé d'effectuer la lecture de l'angle β.

Le dispositif que nous venons de décrire présente l'avantage de ne comporter aucun organe délicat susceptible de se dérégler au cours du fonctionnement sous l'effet de la force centrifuge et des accélérations angulaires.

Il est à peine besoin de dire que, fait commun à tous les torsiomètres mécaniques, les lectures deviennent très difficiles lorsque l'arbre de transmission est soumis à l'un de ses régimes critiques. Il est toutefois facile, dans le cas du torsiomètre stroboscopique, de noter la valeur maximum du couple moteur pendant un régime critique en adaptant au disque gradué un petit index se déplaçant à frottement doux et entraîné par l'autre disque de la même manière que l'index du thermomètre à maxima.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de la lumière déduite des mesures de vitesses radiales stellaires.* Note de M. **Pierre Salet**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La méthode spectroscopique de mesure de la vitesse de la lumière appliquée aux observations de vitesses radiales stellaires du Catalogue de l'Observatoire de Lick, donne un résultat supérieur de $+0,008$ environ à celui de Michelson (en supposant exacte la distance admise de la Terre

au Soleil). Nous avions, à titre d'hypothèse, admis que ce fait pouvait provenir d'une erreur systématique due à ce que les angles horaires doivent être généralement négatifs avant l'opposition de l'étoile, positifs après [1].

Mais alors, lorsque, par suite de l'heure peu avancée ou tardive de la nuit, l'observation a été faite, au contraire, avec un angle horaire positif avant l'opposition, négatif après, on devrait trouver un chiffre inférieur à celui de Michelson, et même, la différence devrait être plus grande en valeur absolue.

Nous avons examiné 275 observations d'étoiles des divers types spectraux faites dans ces conditions. Le résultat est de même signe et du même ordre ($+0{,}005 \pm 0{,}002$) que pour les observations ordinaires. On ne voit pas non plus de différences systématiques pour les observations normales faites avec un angle horaire important ($+0{,}009$ pour 190 observations avec un angle horaire $> 2^h$).

Il n'y a donc pas d'erreur systématique manifeste dépendant de l'angle horaire dans les observations du Catalogue de Lick que nous avons employées. On ne peut, par suite, expliquer de cette manière la différence que nous avons mise en évidence entre la valeur de la vitesse de la lumière déduite des vitesses radiales stellaires et celle de Michelson.

ASTRONOMIE GÉOGRAPHIQUE. — *Sur la précision obtenue dans les déterminations de la latitude au moyen de l'astrolabe à prisme.* Note de M. **André Gougenheim**, présentée par M. E. Fichot.

1. En octobre et novembre 1933, à l'occasion de l'opération internationale de revision des longitudes mondiales, nous avons effectué à San Diego (Californie), 46 séries d'observations à l'astrolabe à prisme.

Ces séries étaient conduites uniquement en vue d'obtenir la correction de la pendule locale; elles nous ont cependant fourni accessoirement des valeurs de la latitude qu'il est intéressant de considérer pour se rendre compte de la précision remarquable que permet d'obtenir, pour la détermination de cette quantité, un instrument de dimensions aussi réduites que l'astrolabe à prisme et d'un emploi aussi aisé.

Nous verrons plus loin, en effet, que, sur les 46 valeurs obtenues, un

---

[1] Et par suite, en moyenne, avec la lunette en position Ouest ou Est suivant les cas.

tiers est à moins de 0″,1 de la valeur moyenne, deux tiers en sont à moins de 0″,2, deux valeurs seulement s'en écartent de plus d'une demi-seconde.

2. Quand l'état du ciel le permettait, les séries comportaient une soixantaine d'observations et duraient de 1 heure et demie à 2 heures. Chaque série a été traitée par la méthode des moindres carrés.

Nous avons utilisé pour les 7 premières séries un astrolabe à prisme S.O.M. de grossissement 80 (modèle géodésique) et pour les 39 autres un astrolabe S.O.M. de grossissement 120 (grand modèle).

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus; pour la clarté nous n'y avons pas inscrit les degrés et minutes de la latitude, seules les secondes et fractions de seconde y figurent.

Nous avons considéré séparément : l'ensemble de toutes les séries, celles effectuées à chacun des deux instruments et aussi les 31 dernières séries à l'astrolabe grand modèle qui ont été faites en 33 jours, dans de meilleures conditions d'observation que les 8 autres séries à cet instrument.

		Observations effectuées			
		aux deux instruments.	au modèle géodésique.	au grand modèle.	au grand modèle.
Nombre de séries		46	7	39	31
Latitude	Intervalle des valeurs extrêmes	1″,43	0″,56	1″,43	0″,90
	Moyenne arithmétique	34″,97	34″,84	35″,00	34″,99
	Moyenne pondérée	34″,98	34″,82	35″,00	34″,99
Écarts à la moyenne	Moyenne des écarts	0″,19	0″,11	0″,19	0″,13
	Nombre d'écarts inférieurs ou égaux à 0″,1	15	4	19	17
	Nombre d'écarts inférieurs ou égaux à 0″,2	30	6	25	24
	Autres écarts	$2 > 0'',5$	tous $< 0'',4$	$2 > 0'',5$	tous $< 0'',5$

Les nombres relatifs à l'astrolabe de type géodésique sont relativement meilleurs que ceux qui se rapportent à l'instrument de grossissement supérieur; ce fait est dû au petit nombre de séries effectuées à l'aide de l'instrument géodésique; pour un même nombre d'observations aux deux instruments, il est vraisemblable que l'astrolabe de grand modèle apparaîtrait comme le plus précis des deux [1].

---

[1] En octobre-novembre 1926, à l'Observatoire d'Alger, nous avions effectué 35 séries d'observations à l'aide d'un astrolabe S. O. M. de modèle géodésique. Les séries comportaient une trentaine d'étoiles.

Les 35 valeurs obtenues pour la latitude tenaient dans un intervalle de 1″,58; l'écart moyen était de 0″,35, douze écarts à la moyenne étaient inférieurs à 0″,2, vingt l'étaient à 0″,4, un seul dépassait 0″,7.

3. Comme nous l'avons dit, une soixantaine d'étoiles étaient observées au cours de chaque série, mais nous n'avons adopté ce nombre relativement élevé d'observations qu'afin de pouvoir profiter de l'opération des longitudes pour discuter la précision des résultats obtenus à l'astrolabe à prisme.

Nous allons voir qu'un nombre inférieur d'observations, 20 à 30 par série, permet encore d'obtenir de très bonnes valeurs de la latitude.

Nous avons divisé en effet sept de nos séries en deux séries partielles constituées en classant les étoiles de chaque série par azimuts croissant de 0 à 360°, et en prenant les étoiles de deux en deux sur cette liste. Ces séries partielles ont en général une durée de même ordre que celle de la série complète et la répartition des étoiles dans les divers azimuts y est aussi bonne que possible, eu égard aux étoiles observées; ces séries ont été traitées par la méthode des moindres carrés.

Les sept séries initiales donnent pour la latitude la valeur moyenne de 34″,89 avec un écart moyen de 0″,15.

Les 14 séries partielles conduisent à la même valeur de la latitude, mais l'écart moyen devient 0″,21.

Les 14 écarts entre les latitudes déduites des séries partielles et les latitudes fournies par les séries complètes sont inférieurs à 0″,3; 11 d'entre eux n'atteignent pas 0″,2.

Nous avons, en outre, divisé deux séries complètes en trois séries partielles par le même mode de fractionnement; les 6 écarts correspondants sont inférieurs à 0″,2.

4. Il est intéressant d'associer à ces résultats ceux qui concernent la hauteur apparente d'observations dont la constance est également un critérium de la qualité de l'instrument.

Pendant les 35 dernières séries effectuées à l'aide de l'astrolabe à prisme de grossissement 120, nous n'avons pas modifié la mise au point de l'oculaire; les hauteurs apparentes d'observations sont donc comparables. Ramenées à la même température et à la même pression, à l'aide des tables de la réfraction, les 35 valeurs obtenues tiennent dans un intervalle de 0″,65. Les écarts à la moyenne ont une valeur moyenne de 0″,14, 13 d'entre eux sont inférieurs à 0″,1, 26 à 0″,2, un seul supérieur à 0″,3 est égal à 0″,38.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la mécanique rationnelle des connexions euclidiennes et une forme nécessaire de toutes les lois physiques* (1). Note de M. **Loiseau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous nous proposons d'étudier les équations de la dynamique correspondant à un espace $\mathcal{E}_t$ à parallélisme absolu et à un espace $\mathcal{E}'$ riemannien.

Les forces superficielles appliquées à un élément de volume $d\tau$ à 3 dimensions ayant pour expression $\mathfrak{C}^i = \Sigma X^i_{hk}[\omega^h\omega^k]$ (2), pour que l'équilibre de ces forces et des forces massiques appliquées à $d\tau$ soit possible, il faut que $X^3_{13} = X^2_{21} = T_1$; $X^1_{21} = X^3_{32} = T_2$; $X^2_{32} = X^1_{13} = T_3$, dès lors

$$(1)\qquad -\mathfrak{C}^1 = \alpha N_1 + \beta N_2 + \gamma N_3; \qquad -\mathfrak{C}^2 = \alpha T_3 + \beta N_2 + \gamma T_1;$$
$$-\mathfrak{C}^3 = \alpha T_2 + \beta T_1 + \gamma N_3; \qquad \mathfrak{C}^4 = 0;$$

α, β, γ sont des cosinus directeur de l'élément superficiel dans l'espace euclidien tangent défini par I_1, I_2, I_3.

Sur l'espace (3) à 4 dimensions $\mathcal{E}'$. Les torsions et courbures sont définies par $S^i_{hk}[\varpi^h\varpi^k]$ et $R^j_i hk[\varpi^h\varpi^k]$, et sur l'espace $\mathcal{E}_\tau$ par ω^j_i, en posant $\omega^j_i = \Sigma a^j_i k^{\omega k}$, $\varpi_4 = 0$. Les équations de Bianchi conduisent dans le cas général aux expressions suivantes des forces (4)

$$-\mathcal{F}_i = N_{1,1} + T_{3,2} + T_{2,3} + N_1(a^3_{13} + a^2_{12} + S^3_{31} + S^2_{21}) + N_2 a^1_{22} + N_3 a^1_{33}$$
$$+ T_3(a^1_{21} + a^3_{23} + S^1_{12} + S^3_{32}) + T_2(a^3_{31} + a^3_{32} + a^1_{21} + S^1_{13} + S^2_{23})$$
$$+ T_1(a^1_{32} + a^1_{23});$$
$$-\mathcal{F}_2 = T_{3,1} + N_{2,2} + T_{1,3} + N_1(\ldots); \qquad -\mathcal{F}_3 = T_{2,1} + T_{3,2} + N_{3,3} + \ldots;$$
$$-\mathcal{F}_4 = \frac{N_1}{R_1} + \frac{N_2}{R_2} + \frac{N_3}{R_3} + T_1(a^4_{23} + a^4_{32}) + T_2(a^4_{13} + a^4_{31}) + T_3(a^4_{12} + a^4_{21}).$$

Dans ces expressions $T_{i,j}$ ou $N_{i,j}$ représentant des dérivées covariantes dans la direction I_j.

On peut choisir le repère en chaque point de sorte que les T_i soient nulles (5). Si l'on exprime que la masse de l'élément de volume reste constante, on obtient : $\partial\rho/\rho + \Sigma\partial_4\,\omega^i/\omega^i - (k - \Phi_4)\,\partial n = 0$, ∂n étant le dépla-

(1) Voir *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1381 et 1980.

(2) ω^h, ω^k sont les formes qui définissent l'élément linéaire.

(3) Les R_i sont les rayons de courbure dans la direction I_i.

(4) L'élément d'arc a pour expression sur $\mathcal{E}'$: $dS^2 = (\varpi^1)^2 + (\varpi^2)^2 + (\varpi^3)^2 + (\varpi^4)^2$.

(5) Les directions I_i sont celles des axes de la quadrique des tensions définies par les équations (1).

cement dans la direction I_4; ρ la densité; $\partial_1 \omega_i$ la déformation dans la direction I_i, k la courbure moyenne sur $\mathcal{E}_t$, Φ_j le vecteur unitaire. Le champ des forces d'inertie a pour expression $\omega_i^j/dt + \varphi_i^j - \varphi_{ji}$.

1° Quelles conditions doit remplir l'espace des trajectoires $\mathcal{E}'$ pour que $\mathcal{E}_t$ défini par $\varpi^4 = 0$, d'où $(\varpi^4)' = 0$, soit telle que $\omega_i^j = 0$ avec $i, j = 1, 2, 3, 4$.

$[\omega^4]' = 0$ impose $a_{ii}^4 = 0$ et $S_{hk}^4 = 0$, d'où l'on déduit $[\varpi^4 \omega'^i] = 0$ identiquement; or cette équation exprime que ϖ^4 est *intégrable*, ce qui correspond précisément à l'expression du dS^2 sur $\mathcal{E}'$ (1). Nous aurons donc $[\omega_i^j]' = -\Sigma R_i^j hk[\omega^h \omega^k]$, d'où $R_i^j hk = 0$, $R_i^4 hk = 0$. Les ω_i^j étant nulles (2) sur $\mathcal{E}_t$ ce dernier espace est à parallélisme absolu; les équations de la dynamique se réduisent alors à

$$-\mathcal{F}_1 = N_{1,1} + N_1(S_{31}^3 + S_{21}^2); \quad \ldots; \quad -\mathcal{F}_4 = 0; \quad \frac{\partial \rho}{\rho} + \sum \frac{\partial_1 \omega^i}{\omega^i} + \Phi \omega \partial\sigma = 0.$$

Le vecteur champ des forces d'inertie a pour expression $\varphi_{ij} - \varphi_{ji}$ et $\sum_i \vec{j}_{i,i} + j_i \Phi_i = 0$, $\vec{j}$ étant la densité de courant.

2° Si $\mathcal{E}'$ est riemannien, et si I_1, I_2, I_3 sont dirigées suivant les axes de la quadrique des tensions $-\mathcal{F}_1 = N_{1,1} + N_1(a_{13}^3 + a_{12}^2) + N_2 a_{22}^1 + N_3 a_{33}^1$; $-\mathcal{F}_2 = \ldots$, $-\mathcal{F}_4 = N_1/R_1 + N_2/R_2 + N_3/R_3$ (3); le tenseur champ de force d'inertie a pour expression $\omega_{ij}/dt + \varphi_{ij} - \varphi_{ji}$; $\Sigma_{ji,i} = 0$, les ω_{ij} ont des valeurs bien déterminées. L'espace $\mathcal{E}t$ est une variété de l'espace riemannien $\mathcal{E}'$. S'il y a isotropie $-\mathcal{F}_i = N_{i,i}$.

S'il y a un potentiel thermodynamique, tout se passe comme si une pression complémentaire θ (4) intervenait pour maintenir constante la masse de l'élément $d\tau$ considéré.

Les aspects de la mécanique obtenue dans ces deux cas sont très différents l'un de l'autre (5) et cependant équivalents.

---

(1) Car si $dt = 0$, $\varpi^4 = 0$, donc ω^4 peut-être mis sous la forme $\omega^4 = A\,dt$.

(2) La représentation sur l'espace euclidien est normale; les géodésiques se représentent par des droites, mais ces géodésiques ne sont pas les lignes les plus courtes.

(3) Cette formule est valable quel que soit le repère, car si l'espace est riemannien $a_{ij}^4 + a_{ji}^4 = 0$.

(4) Qui correspond à la pression de Poincaré.

(5) Pourrait-on par une définition convenable du temps supposer l'espace euclidien. On aurait $R_{ihk}^j = 0$ et $(\omega^i)' = 0$, les ω^i seraient des différentielles exactes; $dU^4 = 0$ donne donc $U^4 =$ const. C'est l'hypothèse faite *a priori* au début de notre étude.

L'espace $\mathcal{E}'$ riemannien permet de représenter par les formules *habituelles* la dynamique des *phénomènes électromagnétiques* [1] ceux de *l'hydrodynamiques des fluides parfaits ou visqueux, le champ de gravitation* [2].

La représentation du champ électromagnétique a déjà été étudiée, les phénomènes hydrodynamiques correspondent aux termes en N et T et en a_{ijk}; le champ newtonnien a pour expression $\Sigma \omega_i \omega_{ij}/dt^2$, il ne dépend que de $\mathcal{E}'$.

Cet accord général pourrait sembler *a priori* extraordinaire et fortuit; or il est absolument nécessaire.

En effet il provient uniquement du choix euclidien du repère attaché par convention en chaque point de l'espace physique. Nous ne pouvons donc découvrir que des lois de la forme indiquée; s'il en existe d'autres pour les découvrir, il faut faire choix d'un repère correspondant à un groupe fondamental non euclidien et en principe recommencer nos expériences.

PHYSIQUE. — *Sur un dispositif nouveau de trompe à diffusion.*
Note [3] de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On sait que l'emploi de la trompe à mercure de Sprengel conduit, lorsque le vide s'améliore, à des opérations d'une extrême lenteur. Il est possible de gagner beaucoup de temps vers la fin de la vidange d'un récipient en associant une trompe à mercure avec une pompe à diffusion. Cette dernière a pour objet de comprimer le gaz résiduel dans un espace restreint pour lequel un vide suffisant est obtenu assez rapidement au moyen de la trompe seule.

On profite ainsi du grand débit de la pompe à diffusion aux faibles pressions et du vide poussé qu'elle permet de réaliser.

J'ai construit sur ce principe un appareil qui permet de réunir d'une

---

(1) Les équations de Maxwell, purement expérimentales, contredisant les principes de la mécanique. Les définitions de la masse et de la quantité de mouvement électromagnétique ont été imaginées uniquement pour *masquer* la difficulté, qui ne se présente plus dans l'espace à quatre dimensions.

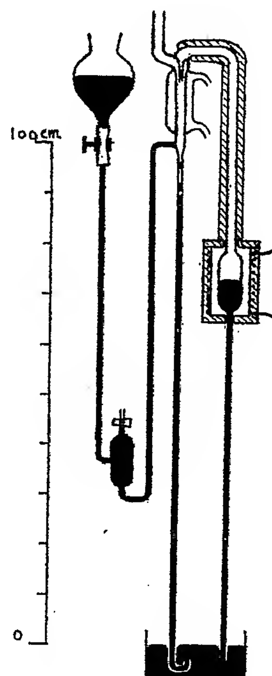
(2) Il devait en être ainsi car nous supposons, dans notre représentation des phénomènes sur l'espace euclidien, qu'à une courbe fermée correspond une courbe fermée de l'espace, ce qui équivaut à dire que l'espace est sans torsion.

(3) Séance du 11 mars 1935.

seule pièce la pompe à diffusion et la trompe à mercure (en verre au borosilicate).

On soude au sommet de la chute d'une trompe à mercure la partie de l'injecteur d'une pompe à diffusion qui se trouve du côté du vide préliminaire.

Le tube qui amène dans l'injecteur les vapeurs de mercure est relié à un



tube barométrique muni d'un renflement chauffé au moyen d'un four et plongeant par sa partie inférieure dans la cuvette qui sert à recueillir les gaz de la trompe.

Le fonctionnement de l'appareil est très simple. Au début de l'expérience la trompe de Sprengel seule fonctionne. Avec des volumes de l'ordre du litre, on atteint rapidement un vide de quelques centimètres. A ce moment le mercure est monté dans le renflement du tube barométrique et on met le four en marche. L'ébullition du mercure crée des vapeurs qui actionnent la pompe à diffusion. Le mercure provenant de la condensation des vapeurs tombe dans la chute de la trompe et y entraîne les gaz résiduels.

Un tel dispositif permet donc de recueillir les gaz qui se dégagent au

cours d'une expérience tout en profitant des avantages de la pompe à diffusion.

Tant que le gaz est extrait d'une substance sous une faible pression, le remontage du mercure se fait automatiquement dans la trompe par la vaporisation du métal. Aucune pompe préliminaire n'est utile puisque la trompe en tient lieu.

Cet appareil convient donc surtout pour extraire rapidement les gaz qui se dégagent lentement au cours des réactions chimiques ou des chauffages. Il ne peut remplacer les dispositifs connus lorsqu'il s'agit d'obtenir des courants gazeux à grand débit.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Caractères des deux composantes corpusculaires du rayonnement cosmique*. Note de MM. **Pierre Auger**, **Albert Rosenberg** et **François Bertein**, présentée par M. Jean Perrin.

1. L'analyse du rayonnement cosmique corpusculaire par la méthode des coïncidences permet de caractériser deux composantes, M et D, dont le coefficient d'absorption dans le plomb est de l'ordre de grandeur de 35.10^{-3} cm²/gr et 1.10^{-3} cm²/gr ([1]). Si cette analyse est faite en des lieux qui diffèrent par la densité totale de l'écran interposé entre l'entrée des rayons dans l'atmosphère et les appareils, on observe des variations de l'intensité relation des deux composantes, et l'on peut en déduire des coefficients d'absorption (dans l'air) qui sont de l'ordre de 5.10^{-3} et 1.10^{-3} cm³/gr respectivement pour M et D. Nous avons voulu compéter ces mesures par une analyse faite dans un laboratoire souterrain (avec M. Bertein) et par une analyse faite avec des écrans formés d'éléments plus léger que le plomb, soit le cuivre par exemple (avec M. Rosenberg).

2. Le laboratoire soutèrrain est à $8^{m},50$ au-dessous du niveau du sol; et, la densité de celui-ci pouvant être évaluée à 2,3, on peut considérer l'écran supplémentaire comme équivalent à 20^{m} d'eau, ou 2^{atm}. Les éléments constituants sont légers.

Deux dispositifs à trois compteurs ont fonctionné, permettant la filtration par o à 10^{cm} de plomb dans l'un et par 20^{cm} de plomb dans l'autre. Ce

([1]) P. Auger, et L. Leprince-Ringuet, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 785; P. Auger, et P. Ehrenfest, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1609; P. Auger et A. Rosenberg, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 447.

second montage étant identique à celui employé à l'air libre, les nombres de rayons observés peuvent être comparés. Dans ces conditions nous avons pu tracer la courbe (*fig.* 1), qui est rapportée aux nombres de coïncidences triples par heure dans le premier montage (environ 1000 impulsions par point). On voit que la portion molle du rayonnement est très réduite, représentant le quinzième du total au lieu du cinquième trouvé au niveau du sol (*fig.* 2).

On se trouve donc en présence de rayonnement D presque pur; son coefficient d'absorption dans le plomb, donné par la courbe entre 10 et 20^{cm}, est de $0,7\ 10^{-3}$ cm/g. C'est le même coefficient que l'on trouve pour son

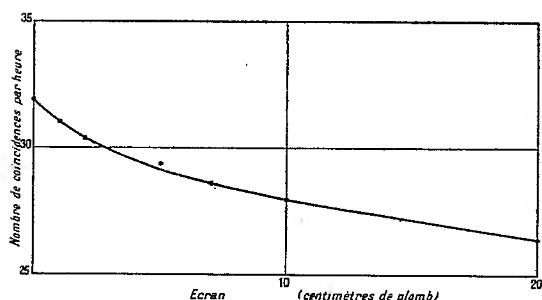


Fig. 1.

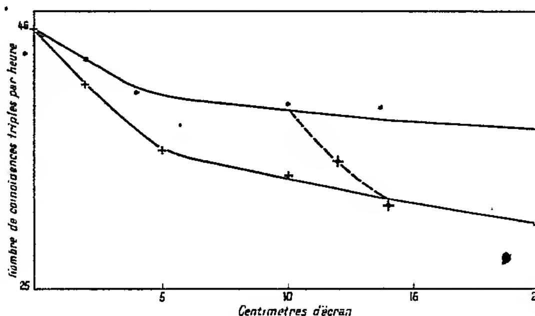


Fig. 2.

absorption dans le sol en comparant les nombres absolus fournis par le second montage au-dessus et au-dessous de l'écran de terre, soit 38 et 7,5 pour le groupe D. L'absorption est donc massique.

De quoi est composée la partie molle, absorbée totalement par les 10 premiers centimètres de plomb ? Sans doute en partie par des électrons secondaires (groupe S) d'énergie inférieure à 10^8 V*e*, et qui accompagnent toujours les corpuscules pénétrants, et aussi par le reste du groupe M, fortement diminué par la traversée de l'écran de sol. On peut évaluer grossièrement ce reste à un vingtième.

Nous avons cherché, pour compléter l'analyse, à mettre en évidence les gerbes par la méthode de Rossi-Gilbert. Le berceau de compteurs était identique à celui utilisé à la surface du sol, et les mesures sont comparables.

Le nombre de gerbes obtenu par ce dispositif est donc très petit, et plus en accord avec l'intensité du groupe M qu'avec celle du groupe D. Ces mesures, longues et délicates, sont encore en cours, mais le fait de l'indépendance des gerbes (décelées par ce montage) par rapport à D semble certain.

3. Nous avons tenté de séparer les groupes M et D, au niveau du sol, en étudiant l'absoption des rayons corpusculaires par des écrans de cuivre et de plomb, puisque suivant les hypothèses admises précédemment ([2]) l'absorption de D serait massique, donc semblable dans ces deux matières, et celle de M sélectivement forte dans les écrans formés d'éléments de grand poids atomique. Les courbes obtenues avec ces écrans, employées sous des épaisseurs de 0 à 20^{cm}, et avec la même disposition géométrique, sont représentées figure 2. On voit que le cuivre commence sur les deux premiers centimètres par absorber comme le plomb (sans doute le groupe secondaire, formé d'électrons de faible énergie). Puis les courbes se séparent et après 10^{cm} les pentes sont à peu près les mêmes. Il y a donc une portion du rayonnement corpusculaire qui n'est pas absorbée par 10^{cm} de cuivre et qui l'est par 10^{cm} de plomb. On peut s'en rendre compte facilement en ajoutant après 10^{cm} de cuivre des écrans de plomb (l'ordre et la disposition dans l'espace n'importe pas). La courbe tombe alors brusquement (pointillé) et rejoint celle du plomb seul. Nous pensons qu'on assiste là à l'absorption sélective du groupe M par le plomb, après qu'il ait traversé le cuivre presque sans diminution. Le groupe D est toujours soumis à l'absorption massique.

4. Ces constatations confirment les hypothèses émises dans le travail précédent ([1]), de *l'existence de deux groupes de rayons cosmiques corpusculaires primaires*, de grande énergie, tous les deux, mais absorbées différemment par la matière; l'un des groupes (protons?) subissant une absorption massique et formant des secondaires isolés, l'autre (électrons?) subissant en plus une forte absorption nucléaire, croissant très vite avec le numéro atomique, et accompagnée des phénomènes de gerbes (tels qu'ils sont décelés par le montage de Rossi).

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la préparation de couches minces de l'oxyde d'uranium*, U^3O^8, *par électrolyse*. Note ([2]) de MM. **Marcus Francis** et **Tcheng-Da-Tchang**, présentée par M. Perrin.

Bien que le dépôt électrolytique de l'uranium à l'état métallique présente certaines difficultés, son dépôt sous forme d'un oxyde hydraté peut être

---

([1]) P. Auger, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 739.

([2]) Séance du 11 mars 1935.

facilement effectué. La composition du produit varie selon les conditions de l'électrolyse ([1]), mais ce fait n'est pas très important du point de vue analytique puisque tous les autres oxydes de l'uranium peuvent être convertis en U^3O^8 par chauffage ([2]), dans l'air à 700°C. D'après certains auteurs les dépôts obtenus sont peu adhérents ([3]), mais, vu l'importance de cet oxyde comme étalon dans les mesures radioactives et l'imperfection des dépôts obtenus par la méthode classique de broyage ([4]) il nous a paru intéressant d'examiner la possibilité d'obtenir des dépôts cohérents par électrolyse.

La cellule électrolytique (*fig.* 1). — Le disque de platine destiné à recevoir

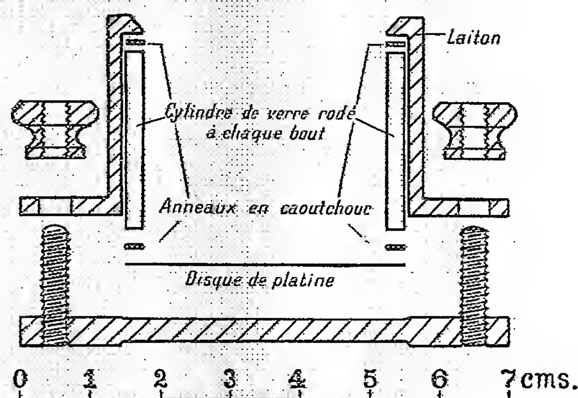


Fig. 1.

le dépôt électrolytique forme la cathode; l'anode, qui sert en même temps pour agiter le bain, est sous forme d'une hélice, qu'on fait tourner rapidement à l'aide d'un moteur électrique. La cellule repose sur une plaque épaisse en laiton, chauffée par une petite flamme.

Le bain. — Suivant A. Fischer ([5]) nous électrolysons à 60° C le nitrate d'uranyle, en présence de l'acétate d'ammonium légèrement acidulé par l'acide acétique. Un bain normal contenait 10^{mg} de U^3O^8 (sous forme de nitrate), $2^{cm^2},25$ d'acide acétique N/1, et $2^{cm^2},0$ d'ammoniaque N/1; le restant du volume de 15^{cm^3} du bain était l'alcool éthylique. Ce dernier

---

([1]) F. W. O. Coninck et M. Camo, *Bull. Acad. Belg.*, 106, 1901, p. 321.

([2]) W. Biltz et H. Müller, *Z. anorg. Chem.*, 163, 1927, p. 257.

([3]) A. Fischer, *Z. anorg. Chem.*, 81, 1913, p. 170.

([4]) Cette question a été traitée par un de nous (M. F.) dans un article qui paraîtra prochainement.

([5]) A. Fischer, *loc. cit.*

semble faciliter l'obtention de couches adhérentes. Les dépôts furent lavés à l'alcool et chauffés dans un four électrique.

Les dépôts. — Les dépôts d'une épaisseur correspondant à un poids de quelques milligrammes par centimètre carré adhéraient bien pendant

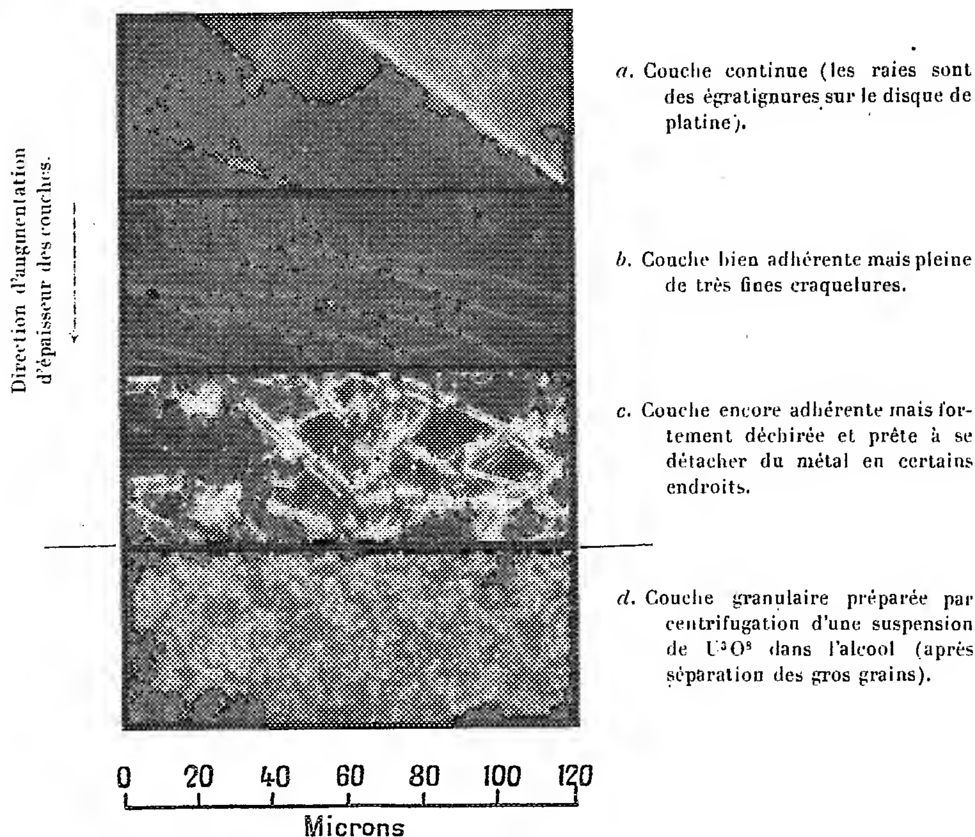


Fig. 2.

qu'ils étaient encore humides, mais pendant l'évaporation de l'alcool ils se détachaient du support. Par contre, les couches de moins de $0^{mg},2$ par centimètre carré étaient bien adhérentes au sec et se laissaient chauffer au rouge sans se détacher. Elles montraient toute la gamme des couleurs spectrales avec un éclat presque métallique. A l'œil nu elles semblaient bien continues mais l'examen sous le microscope montrait que seules les couches les plus minces étaient vraiment continues. Avec augmentation de l'épaisseur, les dépôts se montraient de plus en plus déchirés (voir *fig.* 2, *a*, *b* et *c*).

Résulats. — Les dépôts furent pesés et mesurés de la manière indiquée

dans une Note précédente [1]. La valeur moyenne de l'activité par milligramme de 11 dépôts électrolytiques, dont le poids par dépôt variait de $0^{mg},04$ jusqu'à $0^{mg},19$ par centimètre carré, était de 129,85 unités (en valeurs arbitraires).

A partir du même échantillon de nitrate d'uranyle nous avons préparé chimiquement une certaine quantité d'oxyde, dont nous avons séparé les gros grains par sédimentation. L'activité de la poudre fine restante, exprimée dans les mêmes unités, était de 128,2 (moyenne de 27 mesures).

La différence entre les deux valeurs représente la différence entre les pertes d'ionisation par absorption des rayons α dans les dépôts eux-mêmes.

RADIOACTIVITÉ. — *Radioactivité artificielle du bismuth.* Note [2] de M. **Léonard Sosnowski**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Comme suite à nos recherches sur la radioactivité artificielle excitée à l'aide de neutrons lents émis par le glucinium sous l'action des rayons γ [3], nous avons essayé d'obtenir l'activation du bismuth.

Cet élément nous paraissait particulièrement intéressant, la captation d'un neutron par l'atome de bismuth pouvant conduire à un élément radioactif connu, notamment le radium E.

On sait en effet que ce dernier est un isotope de masse 210 du bismuth. Or l'élément Bi semble posséder un seul isotope stable de masse 209.

M. Fermi et ses collaborateurs [4] ont essayé de mettre en évidence la radioactivité artificielle du bismuth à l'aide de neutrons d'une source puissante Rn + Be. Malgré le résultat négatif de leurs expériences nous avons cru utile de les répéter avec des neutrons obtenus à l'aide de rayons γ; l'excitation de la radioactivité artificielle devant en général être plus efficace lorsque l'énergie des neutrons diminue.

L'appareillage était le même que celui décrit dans nos Notes antérieures. Nous disposions de 200^{mg} de radium. Le bismuth était un produit dit *purissimum* de la maison Merck.

Les premières observations faites avec des activations de courte durée ont montré que l'équilibre est pratiquement atteint au bout de 5 heures.

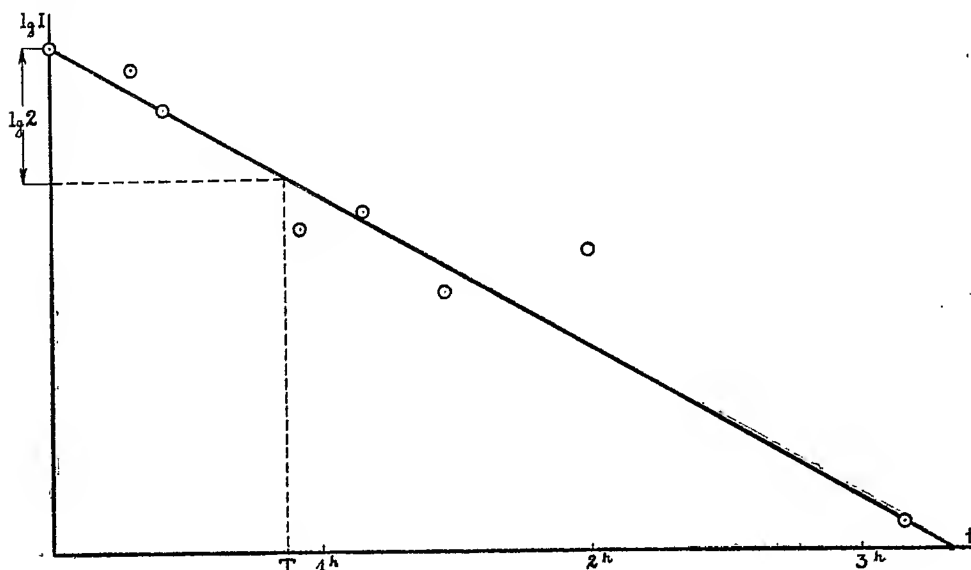
---

(1) M. Francis et Tcheng Da Tchang, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 733.
(2) Séance du 11 mars 1935.
(3) L. Sosnowski, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 391-446.
(4) Fermi, Amaldi, d'Agnostino, Rasetti, Segré, *Proc. of Roy. Soc.*, 146, 1934, p. 483.

Pour des mesures définitives, nous avons utilisé le bismuth activé pendant 6 à 12 heures.

La radioactivité excitée dans nos conditions expérimentales était très faible et montrait une décroissance régulière. Au début des mesures, c'est-à-dire immédiatement après l'activation, on observait 30 impulsions par minute dans un compteur Geiger-Müller au-dessus de son mouvement propre qui était de 17 décharges.

Comme le montre le graphique, l'intensité varie selon une loi exponentielle. Ce graphique permet de fixer la période à une heure environ.



L'estimation de l'énergie des rayons émis a été faite par la mesure de leur absorption dans l'aluminium. Une couche d'aluminium de 0,12 g/cm² affaiblit de moitié le rayonnement excité. En admettant qu'il s'agisse de rayons β on peut évaluer leur énergie moyenne à 10^6 eV.

Le rayonnement émis ne contient pas de rayons γ d'intensité appréciable, 1^{mm} de plomb arrête complètement tout rayonnement.

Nos conditions expérimentales ne permettaient pas d'enregistrer les rayons α s'ils existent.

Afin d'établir par voie chimique la nature du corps radioactif obtenu nous avons dissous le bismuth activé dans de l'acide nitrique; nous avons ajouté ensuite du Tl^2SO^4 à une partie de la solution et du $Pb(NO^3)^2$ à l'autre.

Nous avons précipité du premier de ces mélanges TlCl et $Bi(OH)^3$; du

second $PbSO^4$ et $(BiO)^2Cr^2O^7$. La radioactivité subsistait dans les dépôts contenant le bismuth; les dépôts contenant le thallium et le plomb n'ont donné aucune trace de rayonnement.

Ceci montre que la captation du neutron par le noyau de bismuth n'est accompagnée ni d'une émission de proton (ce qui conduirait à la formation d'un noyau de plomb) ni d'une émission de particule α (ce qui donnerait un isotope du thallium).

Le processus suivant nous semble le plus probable ${}_{83}Bi^{209} + {}_{0}n^1 \rightarrow {}_{83}Bi^{210}$; l'élément radioactif obtenu de cette manière aurait la même masse et le même numéro atomique que le radium E mais une période de désintégration radioactive ainsi qu'une énergie des particules émises différentes (pour le RaE la période est de 5 jours et l'énergie moyenne des rayons β 390000 eV). Nous aurions ainsi une « isotopie d'ordre supérieur », cas qui se présente peut-être pour UX_2 et UZ.

Il n'est pas complètement exclu que le bismuth possède un isotope inconnu responsable de l'effet observé; cependant la concentration de cet isotope ne saurait dépasser, d'après Aston, 0,1 pour 100. Il faudrait donc admettre que l'isotope en question aurait une radioactivité artificielle 100 fois plus intense que celle des éléments les plus faciles à activer (iridium).

Observation à propos de la Communication de M. Sosnowski, par M. **Maurice de Broglie.**

J'insiste sur le fait que les propriétés nucléaires des éléments caractérisés par un nombre atomique déterminé peuvent les différencier profondément; le nom, d'origine chimique, qui désigne une classe d'isotopes ne doit jamais être pris pour une présomption de parenté au point de vue des propriétés dépendant du noyau : c'est un fait que les anciens phénomènes radioactifs ont mis depuis longtemps en évidence.

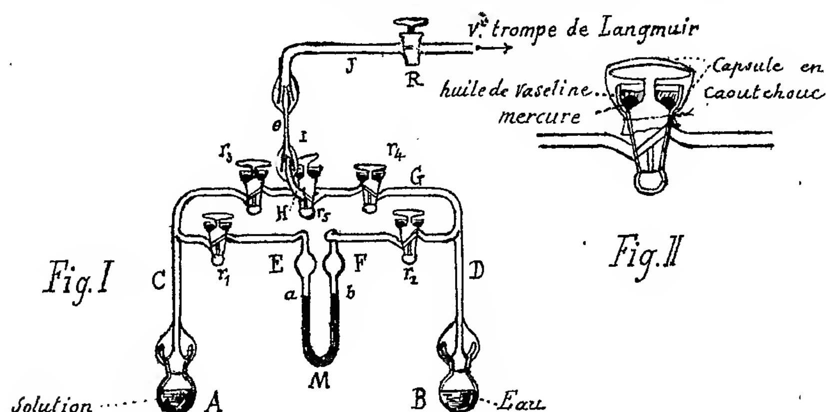
Les nouvelles expériences de radioactivité artificielle ont fait connaître deux radiophosphores, dont l'un, obtenu au moyen du bombardement de l'aluminium par les particules α, émet des électrons positifs avec une période de 3 minutes, tandis que l'autre, résultant de l'action des neutrons sur le soufre, émet des électrons négatifs avec une période de 15 jours. On trouvera probablement des analogies et des rapprochements entre les espèces nucléaires, mais il n'y a pas de raisons pour que ce soit entre des atomes isotopes.

Enfin la Note de M. Sosnowski montre un exemple d'isotopes isobares ayant des propriétés très différentes; pour ces noyaux, qui représentent une structure fine dans les spectres d'Aston, les notations à deux indices, telles que P^{30}_{10} sont évidemment insuffisantes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la tonométrie des solutions salines.* Note de M. **Jean Perreu.**

J'ai utilisé la méthode statique différentielle de Bremer (¹) pour déterminer, à 20°, la tension de vapeur des solutions aqueuses binaires de sulfate de soude et de carbonate de soude.

Dispositif expérimental. — L'appareil employé est un tensimètre en pyrex (*fig.* 1) donnant la différence des tensions de vapeur de la solution étudiée et de l'eau pure, à l'aide d'un manomètre à huile de vaseline. La solution et l'eau sont placées dans deux ballons A et B, reliés au manomètre M et à une trompe de Langmuir. Le col des



ballons porte un rodage, dans lequel s'engagent les tubes C et D; il est surmonté de deux entonnoirs fermés avec du golaz. La communication, avec le manomètre, est commandée par les robinets à cuvette r_1, r_2, et avec la trompe, par les robinets latéraux r_3, r_4, et le robinet médian r_5; ce dernier porte un tube recourbé H, relié au tube J par un raccord en verre, I, effilé en son milieu O. Les joints IJ, IH, sont recouverts de golaz. On assure l'étanchéité des robinets, en versant, dans leurs cuvettes, une couche de mercure, surmontée d'une épaisseur de 5mm environ d'huile de vaseline (*fig.* 2).

(¹) *Recueil Trav. Chim. Pays-Bas*, 6, 1887, p. 122; *Zeitsch. f. phys. Chem.*, 1, 1887, p. 424.

Mode opératoire. — La solution et l'eau, partiellement désaérées par ébullition, sont introduites dans les ballons A, B. Tous les robinets étant ouverts, on fait le vide à la trompe. Pour extraire l'air restant dans les liquides, en A, B, M, on les congèle, pendant le vide, à l'aide du mélange carbo-glace, alcool, et on laisse fondre lentement les solides obtenus; durant cette fusion, de nombreuses bulles gazeuses se dégagent; après six congélations sucessives du système ABM, l'appareil est entièrement purgé d'air. On ferme les robinets R, r_5, r_3, r_4 et l'on scelle à la lampe, en O. Les robinets sont ensuite recouverts d'une capsule en caoutchouc (*fig.* 2), et le tensimètre est plongé dans un thermostat Köhler, réglé à 20° ± 0°,02. Au bout de 3 heures environ, on lit avec un cathétomètre au 1/100 de millimètre, la dénivellations *ab*; on effectue plusieurs mesures et on prend la moyenne, Δp, des résultats trouvés. Connaissant la densité de l'huile de vaseline à 20°, on évalue Δp en millimètre de mercure. Les Tables de constantes donnent la tension maximum, P, de la vapeur d'eau, à 20°. On a : $P = 17^{mm},54$ (¹). La tension cherchée p est égale à $P-\Delta p$. Il ne reste plus qu'à doser la solution du ballon A.

Résultats obtenus. — 1. *Sulfate de soude* :

Concentration (²).	Δp (mm Hg).	p (mm Hg).
0,00589	0,20	17,34
0,01080	0,38	17,16
0,01606	0,53	17,01
0,01757	0,60	16,94
0,01965	0,67	16,87
0,02160	0,72	16,82
0,02264	0,76	16,78
0,02465 (sat. C.)	0,82 (extrap.)	16,72 (extrap.)

2. *Carbonate de soude :*

c.	Δp (mm Hg).	p (mm Hg).
0,00641	0,24	17,30
0,0123	0,44	17,10
0,0197	0,76	16,78
0,0256	0,94	16,60
0,0305	1,13	16,41
0,0312	1,17	16,37
0,0334	1,23	16,31
0,0365 (sat. C)	1,34 (extrap.)	16,20 (extrap.)

Application. — *Vérification de l'équation de solubilité des hydrates.* — L'équation de solubilité du sel hydraté $S s H^2O$, peut s'écrire sous la

(¹) Von Scheel u. Heuse, *Ann. der Phys.*, (4ᵉ série), 31, 1910, p. 715.
(²) Concentration (c molécule-gramme de sel par molécule-gramme d'eau).

forme [1]

$$(\alpha) \qquad 503\,\frac{C}{1-sC}\,\frac{q_C}{T^2} - \left(\frac{\partial \log p}{\partial C}\right)_T \frac{dC}{dT} = 0,$$

où T exprime la température absolue; C le nombre de mol/g. de sel, dans la solution saturée, par mol/g. d'eau totale; q_C la chaleur limite de dissolution de l'hydrate, et p la tension de vapeur de la solution, au voisinage de la saturation.

Sulfate de soude (SO^4Na^2, 10 aq). — On a

$$C_{(20^\circ)} = 0,02465; \qquad \left(\frac{dC}{dT}\right)_{20^\circ} = 0,00179.$$

J'ai trouvé $q_{C(20^\circ)} = -16^{cal},60$; les résultats ci-dessus donnent

$$\left(\frac{\partial \log p}{\partial C}\right)_{20^\circ} = -1,80.$$

De l'équation (α), on tire $q_{C(20^\circ)} = -16^{cal},80$ (différence 1,2 pour 100 environ).

Carbonate de soude (CO^3Na^2, 10 aq). — Les Tables de constantes donnent $C_{20^\circ} = 0,0365$; $(dC/dT)_{20^\circ} = 0,00213$. Les mesures effectuées m'ont donné $q_{C(20^\circ)} = -13^{cal},96$; $(\partial \log p/\partial C)_{20^\circ} = -2,18$. D'où $q_{C\,calc.} = -13^{cal},78$ (différence 1,5 pour 100 environ).

Les résultats des mesures calorimétriques et tonométriques donnent donc une vérification assez satisfaisante de l'équation de solubilité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre d'absorption ultraviolet de la pyridine.* Note de MM. **Victor Henri** et **Pierre Angenot**, présentée par M. Georges Urbain.

La vapeur de pyridine présente dans l'ultraviolet, entre 3100 et 2513 Å, un grand nombre de bandes d'absorption. Très nettes jusqu'aux environs de 2600 Å, elles deviennent progressivement floues et larges jusqu'à 2513,4 Å; un peu plus loin vers les petites longueurs d'onde, l'absorption devient continue à toutes pressions et à toutes températures. Cette allure caractéristique indique la dissociation de la pyridine par une lumière de longueur d'onde plus courte que 2600 Å, réaction photochimique qui a été trouvée et étudiée par H. Freytag.

La sensibilité de l'absorption est très grande; en effet les bandes appa-

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 172.

raissent déjà pour une pression de vapeur de $0^{mm},1$ sous une épaisseur de 53^{cm}, ce qui correspond à une teneur de moins de $0^{mg},5$ de pyridine par litre. La méthode spectrographique est donc extrêmement sensible pour le dosage de pyridine dans une atmosphère gazeuse.

Nous avons analysé la structure de ce spectre.

Technique. — La pyridine a été purifiée par distillation. Le produit limpide passe à $115^{o},1$ constant. Le point de fusion a été trouvé égal à -42° environ. Ceci montre qu'il est à peine utile de purifier le produit davantage par décomposition du sel double de pyridine et de mercure. Les spectres ont été photographiés avec un spectrographe de grande dispersion à optique en quartz E 383 de Hilger. La vapeur était contenue dans des tubes de 53 et 30^{cm}, munis de fenêtres en quartz, à des pressions variant de 0,08 à 910^{mm} et à des températures allant de 0° à 122°. Les sources lumineuses employées étaient une lampe à hydrogène et une lampe à filament de tungstène, avec fenêtres en quartz. Les positions et intensités des bandes ont été mesurées dans certaines régions du spectre à l'aide d'un microphotomètre.

Analyse du spectre. — Ce qui frappe quand on examine le spectre de la vapeur de pyridine entre 3100 Å et 2650 Å environ est la netteté tout à fait remarquable des bandes d'absorption : celles-ci sont nombreuses et si fines qu'elles ont l'aspect de raies d'émission. Nous avons vu que vers les plus petites longueurs d'onde elles deviennent floues.

Entre 3099,8 Å et 2513,4 Å nous avons mesuré 226 bandes d'absorption avec une précision de ± 5 cm^{-1} dans l'ensemble.

A première vue déjà on remarque une série de bandes fines particulièrement intenses, avec une période fort régulière d'environ 540 cm^{-1}.

Le premier terme A_0^0 de cette série, qui s'est montré dans la suite fort important, a été mesuré avec précision et a comme nombre d'onde 34769 cm^{-1}. La série comporte six termes dont les intensités augmentent régulièrement jusqu'au quatrième pour décroître ensuite.

Nous avons pu classer grâce à cette fréquence plus de 170 bandes se répartissant en 25 séries assez régulières aux points de vue des intensités et de la distribution des termes.

Entre le terme A_0^0 et tous ceux qui commencent une série vers le rouge, il existe une fréquence 600 cm^{-1} qui permet d'établir ainsi vingt-trois séries. Pour deux autres séries le premier terme observé, assez intense, se trouve à 1029 cm^{-1} de A_0^0 et A_0^1 (premiers termes de deux séries consécutives) vers le visible.

Enfin une quatrième fréquence de 1488 cm^{-1} environ semble s'observer entre certains des premiers termes de séries.

Nous observons donc jusque maintenant quatre fréquences de vibration qui permettent une décomposition satisfaisante du spectre entier en séries régulières. La formule générale du spectre serait :

$$\frac{1}{\lambda} = 34.769 + 542 v' - 600 v''_1 - 1029 v''_2 - 1488 v''_3,$$

où $v' = 0, 2, 3, 4, \ldots, 13$; $v''_1 = 0, 1, 2, \ldots, 22$; $v''_2 = 0, 1, 2$; $v''_3 = 0, 1$.

La fréquence la plus apparente, très voisine de 542 cm⁻¹, doit être attribuée à l'état activé de la molécule.

Les trois autres fréquences, 600 cm⁻¹, 1029 cm⁻¹ et 1488 cm⁻¹, appartiennent probablement à la molécule normale. Elles se retrouvent toutes trois avec une correspondance remarquable parmi les fréquences fondamentales observées aussi bien dans les spectres infrarouges que Raman de la pyridine. On a, en effet :

Spectre Raman.	Spectre infrarouge.	Spectre ultraviolet.
606 cm⁻¹	—	600 cm⁻¹
1029 »	1027 cm⁻¹	1029 »
1480 »	1481 »	1488 »

Dans la suite, nous étudierons l'influence de la température sur l'intensité des bandes d'absorption de la vapeur de pyridine dans le but de compléter l'analyse présente et d'établir un schéma des états énergétiques de la molécule étudiée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude physico-chimique des électrodes photosensibles à matières colorantes*. Note de Mlle **Cécile Stora**, présentée par M. Jean Perrin.

Certaines matières colorantes (groupe de la quinone imide et diimide), dont la forme réduite et oxydée n'ont pas la même couleur, sont utilisées comme indicateurs d'oxydo-réduction, c'est-à-dire constituent une série de substances en équilibre avec leur produit d'oxydation.

Il m'a paru particulièrement intéressant :

1° de rechercher si une électrode de platine (surface 8^{cm^2}), recouverte sur ses deux faces d'un film de collodion coloré, électrode que l'on sait photosensible [1] se comporte vis-à-vis d'un réducteur comme une électrode plongée dans un milieu d'oxydo-réduction;

(1) C. Stora, *Journ. de Chim. Phys.*, 19, 1932, p. 168; *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 552.

2° de déterminer s'il existe une relation entre le photopotentiel et le pourcentage de substance réduite existant dans la pellicule colorée.

La titration électrométrique du colorant adsorbé dans le collodion a été effectuée suivant la méthode classique de Clark, au moyen de solutions réductrices ($TiCl^3 — S^2O^4Na^2$) en milieu tamponné. L'électrode colorée plongeait dans un tampon incolore de même pH.

La présente étude porte sur le bleu de Nil, le bleu de méthylène et la phénosafranine.

Bleu de Nil.

[Collodion 0,25 °/₀; conc. en colorant 0g,25 °/₀; pH = 7 (phosphate-citrate)].

$\frac{S^2O^4Na^2}{100}$ (en cm³).	E_h (12°) (en milliv.).	E'_0 (12°) (en milliv.).	Photo-potentiel (en milliv.)
0	+496		— 3
1,5	— 27		+ 7
2	— 76		+ 6
2,5	—102		+ 7,3
3,5	—138	—130	+ 16,3
4,5	—182	(Wurmser — 142	+ 53
5,5	—252	30°)	+133
6,5	—295		+180
7,5	—335		+166
8,5	—360		+153
11,5	—395		+ 66
20	—425		+ 13

Bleu de méthylène.

[Collodion 1,5 °/₀; conc. en colorant 2 °/₀; pH = 6,8 (phosphate-citrate)].

$TiCl^3$ (en cm³).	E_h (12°) (en milliv.).	E'_0 (12°) (en milliv.).	Photo-potentiel (en milliv.).
0	+332		— 2
1,35	+ 59		
2,35	+ 35		+ 2
3,35	+ 10		
4,35	— 23,7	+25	+13,3
5,35	— 74	(Wurmser +17	
6,35	—114	30°)	+36,3
7,35	—141		+42
8,5	—164		+38,2
12,5	—228		+28,8
20	—318		+24,5

L'examen de ces tableaux nous amène aux conclusions suivantes :

1° Les courbes représentant, pour une concentration en ion H^+ déterminée, le potentiel à l'obscurité de l'électrode, sont des courbes en S avec point d'inflexion. Elles ont l'allure des courbes de titrages indiquées pour ces colorants par Clark, Wurmser, Rapkine, etc. [1], mais avec une légère assymétrie. Le potentiel du point d'inflexion coïncide à quelques millivolts près, avec les potentiels normaux (E'_0) de ces indicateurs.

On est donc amené à penser que l'électrode colorée fonctionne approximativement comme une électrode inerte plongée dans un indicateur d'oxydo-réduction et que son potentiel à l'obscurité doit obéir à l'équation

---

(1) W. M. Clark, *Studies on oxydation-réduction* (Public Health Reports) Rapkine, Struyk et Wurmser, *Journ. Chim. Phys.*, 26, 1929, p. 340.

générale (Clark).

$$E_h = E'_0 - \frac{RT}{n\mathcal{F}} L_n \frac{(S_r)}{(S_0)} \qquad (\alpha),$$

dans laquelle E'_0 est une constante caractéristique du système de l'indicateur, reliée aux constantes de dissociation de sa molécule ainsi qu'à la teneur en ion H^+ de la solution, (S_0) et (S_r) la concentration totale des formes oxydées et réduites.

2° L'examen de la courbe de photosensibilité correspondant à la courbe de titrage, montre que le photopotentiel, d'abord négatif, s'inverse en présence du réducteur, demeure à peu près constant dans la région du point d'inflexion et passe ensuite par un maximum positif, très fortement accusé vers la fin de la courbe de titrage.

Ce maximum correspond à une proportion de la forme oxydée que l'on peut, en première approximation, déduire de l'équation (α), à l'aide des données expérimentales. Sa position sur la courbe de titrage semble indépendante de l'épaisseur du film coloré.

Indicateur.	$(S_0)/(S_r)$ correspondant au maximum du photopotentiel.	Concentration en collodion pour 100.	Concentration en colorant pour 100.	pH.
			g	
Bleu de Nil..........	$8,9.10^{-6}$	0,25	0,2	7
»	6,6 »	0,75	–	–
»	5,5 »	1,5	–	–
Bleu de méthylène ...	1,6 »	1,5	2	6,8
Phénosaframine......	2 »	1,5	2,5	7

Le rapport $(S_0)/(S_r)$, demeurant, dans les trois cas, compris entre 10^{-6} et 10^{-7}, on peut espérer qu'il constituera, pour les colorants dont le processus d'oxydo-réduction est reversible, une caractéristique, soit qu'il demeure constant dans une même famille, soit qu'il varie d'un groupe de colorants à l'autre, traduisant ainsi la plus ou moins grande oxydabilité de la forme réduite.

De plus ce maximum du photopotentiel, par son sens, met en évidence une véritable oxydation sous l'action de la lumière, perturbation du potentiel à l'obscurité analogue à celle que produirait une rentrée d'oxygène dans la fiole de Michaëlis rigoureusement close. On ne peut pour le moment, préjuger du mécanisme suivant lequel cette oxydation a lieu sous l'influence du flux lumineux incident. Il est logique de penser que l'énergie lumineuse est absorbée par la forme oxydée dont on connaît le spectre d'absorption

et que par suite d'un transfert, cette énergie provoque la photolyse de l'eau (Audubert), dont les éléments ainsi libérés (O, H) réagissent sur la forme réduite.

L'obtention des courbes de titrage, avec les électrodes photosensibles à matières colorantes, est donc riche en conclusions. Elle permet en effet, non seulement de prévoir l'équation qui régit le potentiel à l'obscurité ainsi que le comportement de l'électrode aux différents pH, mais aussi d'espérer, d'après la courbe des photopotentiels, une pénétration plus grande du mécanisme du phénomène et la prévision de son expression mathématique.

MÉTALLURGIE. — *Sur le recuit de l'aluminium pur.* Note [1] de MM. **Jean-J. Trillat** et **M. Paić**, présentée par M. M. de Broglie.

M. Calvet a montré [2] l'influence considérable des traces d'impuretés sur la vitesse de recuit de l'aluminium. Nous avons eu, il y a une année, l'occasion d'étudier par spectrographie X les modifications de structure de Al commercial et raffiné en fonction de la température et de la durée de recuit. Il nous a paru intéressant de résumer maintenant nos résultats, qui sont de nature à compléter ceux de M. Calvet.

Nos recherches ont porté sur deux types d'Al commercial et un type d'Al raffiné :

(A)	Al : 99.00,	Fe : 0.7,	Si : 0.3,
(B)	Al : 99.00,	Fe : 0.3,	Si : 0.7,
(C)	Al raffiné, de titre approximatif 99,993.		

Les divers échantillons ont été laminés, sans recuit intermédiaire, et toujours dans le même sens et de la même façon, jusqu'à l'épaisseur de $0^{mm},2$. Les recuits ont été obtenus par immersion dans des bains de $NO^3K + NO^3Na$ chauffés électriquement; on a adopté, dans cette première étude, une gamme de températures comprise entre 150° et 500°, et des durées de 10 minutes et 5 heures. Les feuilles d'aluminium ont été ensuite examinées aux rayons X (raies K de Cu, 15 MA, 40 kV).

Les spectrogrammes des trois échantillons non recuits sont indentiques,

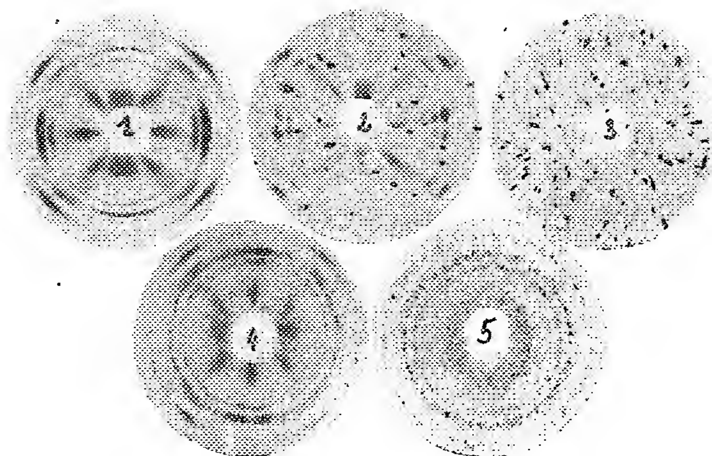
---

(1) Séance du 11 mars 1935.

(2) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 66.

et indiquent une structure fibreuse à grains fins due au laminage (*fig.* 1). L'influence du recuit se manifeste d'abord par l'apparition de cristaux isolés, donnant lieu à des taches qui se superposent au diagramme de fibre (recristallisation commençante); le nombre de ces cristaux disposés au hasard augmente ensuite rapidement, en même temps que disparaît la structure fibreuse (recristallisation complète). A partir de ce moment, les diagrammes conservent sensiblement le même aspect, caractéristique d'un métal complètement recuit.

1. *Aluminium raffiné*. — La température de recristallisation commençante, pour une durée de recuit de 10 minutes, est située au voisinage de 170°-180°. Les irrégularités observées peuvent être attribuées à la ségrégation



des impuretés dans le lingot. La prolongation de la durée de recuit ne change pas sensiblement la structure du métal.

La température de recristallisation complète de Al raffiné est comprise entre 230° et 250° (*fig.* 3). Entre ces deux limites (recristallisation complète et recristallisation commençante), on observe une superposition de la phase initiale (structure fibreuse) et de la phase finale (très gros cristaux disposés au hasard), les deux phénomènes étant en quelque sorte complémentaires et prouvant une inhomogénéité de structure très nette (*fig.* 2).

2. *Aluminium commercial* [*titre* 99 (A) *et* (B)]. — La température de recristallisation commençante (recuit de 10 minutes) est située entre 200° et 220°, soit nettement plus haut que la précédente. L'augmentation de la teneur en Si (tôle B) paraît augmenter notablement la vitesse de recristallisation, ce qui est en accord avec les constatations de Hanemann et Vogel.

La recristallisation est complète (*fig.* 5) à partir de 280°-300°; un recuit de 5 heures abaisse cette température vers 250°, pour la tôle riche en Si. La figure 4 montre le cas d'une recristallisation incomplète.

Enfin, les Al commerciaux recristallisent en *grains relativement petits*, tandis que Al raffiné recristallise en *très gros cristaux* (comparer *fig.* 3 et 5), ce qui est en faveur de la théorie de Tammann (couches intercristallines).

Nous avons cherché à relier ces modifications de structures avec les propriétés mécaniques (charges de rupture). Nous avons trouvé en moyenne, comme M. Calvet (*loc. cit.*), que la charge de rupture était plus faible pour le métal à 99,993 que pour le métal commercial de titre 99,0.

Pour Al raffiné, les courbes de charges de rupture, pour les recuits de 10 minutes à 5 heures, correspondent à celles données par Sachs et Schiebold; on remarque en outre qu'un temps de recuit 30 fois plus long (10 minutes à 5 heures), à des températures supérieures à 200°, ne modifie pas sensiblement les propriétés mécaniques. La variation de ces propriétés lors du recuit se produit donc dans un temps relativement court et atteint probablement assez vite une valeur constante.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la nitruration de quelques métaux.* Note (1) de MM. **Paul Laffitte** et **Pierre Grandadam**, présentée par M. H. Le Chatelier.

La méthode que nous avons employée consiste à suivre les variations de la résistance électrique, R, en fonction du temps, θ, ou de la température, t, d'un fil métallique fin et calibré plongé dans un courant d'azote ou d'ammoniac à la pression atmosphérique.

1. Nous avons étudié les courbes (R, t) pour les métaux suivants dans l'*azote* pur : Cu (électrolytique) de 0 à 900°; Al (99,99 pour 100) de 0 à 600°; Mg (sublimé dans l'argon) de 0 à 600°; Zn de 0 à 400°; Fe (99,98 pour 100) de 0 à 775°; Ni (99,635 pour 100) de 0 à 900°; Tu de 0 à 900°. Ces courbes sont rigoureusement réversibles, ce qui montre que l'azote ne réagit pas sur les métaux précédents dans les zones de température étudiées et dans les conditions de nos expériences (métal filé ayant subi l'action de l'air). Nous avons réuni, dans des tableaux qui seront publiés ailleurs, toutes les valeurs de 25° en 25° de la résistivité, ρ, et de son coefficient de température, α. Ces

(1) Séance du 11 mars 1935.

valeurs diffèrent dans quelques cas de celles déjà connues, en particulier à partir de 350°, notre dispositif étant très précis et éliminant toute variation des résistances de contact. La comparaison des courbes (R, *t*) obtenues avec des échantillons d'aluminium de pureté croissante nous a permis de confirmer le fait, quelquefois contesté, que le métal n'a pas de transformation à l'état solide. Par contre, nous avons mis en évidence une *transformation allotropique* réversible à 285° pour le *magnésium* pur (préparé par MM. Chaudron et Hérenguel, puis tréfilé).

2. Nous avons étudié la nitruration de quelques métaux chauffés dans l'ammoniac. Le début de la réaction est marqué par le relèvement de la courbe (R, *t*) au-dessus de la courbe étalon en atmosphère inerte. Le réchauffement dans l'hydrogène des fils nitrurés ramène la résistance à sa valeur étalon. Ces réactions ont, d'ailleurs été contrôlées par des analyses chimiques. Quelques-uns de nos résultats figurent dans le tableau suivant :

Métal étudié :	Al.	Mg.	Fe.	Ni.	Tu.
Température de nitruration commençante dans NH^3	120°	200°	375°	435°	140°
Température de réduction commençante du nitrure par H^2	265°	–	225°	250°	200°

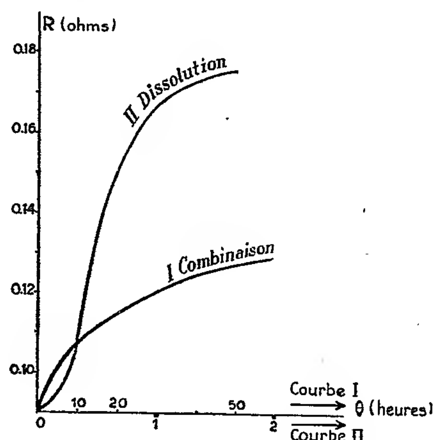
Nous n'avons rien obtenu avec le cuivre et le zinc. Pour les autres métaux les températures trouvées sont très inférieures à celles déterminées par d'autres auteurs à l'aide de méthodes moins sensibles. La réduction du nitrure d'aluminium n'avaient pas été étudiée. L'examen des courbes obtenues nous a montré l'impossibilité d'aboutir à une nitrure pur par action de l'ammoniac sur ces métaux, la réaction étant réversible.

Les isothermes (R, θ) obtenues entre 335 et 510° pour la nitruration du magnésium diffèrent de celles des autres métaux; leur forme exponentielle montre que cette nitruration est autocatalytique, propriété qui rapproche le magnésium des alcalino-terreux et du lithium. La réduction par l'hydrogène de fils d'Al, Fe et Tu nitrurés est précédée d'une notable augmentation de résistance; les courbes (R, θ) sont identiques, dans ce cas, aux isothermes de nitruration et permettent de supposer la formation d'un amidure précédant la réduction.

3. Nous avons pu distinguer la dissolution du gaz dans le métal sous forme de solution solide, de sa fixation sous forme de combinaison chimique d'après la forme des isothermes (R, θ). Pour Al, Fe, Ni et Tu l'analyse chimique a toujours montré la présence d'azote sous forme de nitrure

lorsqu'on avait une courbe telle que 1 et jamais dans le cas de la courbe 2.

Les deux courbes ci-dessous ont été obtenues avec l'aluminium pur à 150°. La courbe I est celle de nitruration par l'ammoniac. La courbe II représente l'action de l'azote à 150° sur le fil d'aluminium obtenu par réduction du fil nitruré; dans ce cas l'aluminium dissout 30 fois son volume d'azote, mais l'analyse ne décèle pas d'azote fixé sous forme de nitrure.



CHIMIE MINÉRALE. — *Réaction des métalloïdes sur les oxydes basiques.* Note de M. **M. Lemarchands** et Mlle **D. Saunier**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons indiqué (1) la production d'une combinaison d'un type nouveau résultant de l'action de l'iode sur l'oxyde d'argent anhydre. Méthode de préparation et propriétés de ce corps solide vert clair ont été décrites.

La substance obtenue Ag^2OI^2 possède une forte inertie réactionnelle due à sa très faible solubilité : la poursuite de l'obtention et l'étude des combinaisons analogues nous a conduits à des faits nouveaux.

Préparation du dérivé mercurique. — La combinaison de l'iode et de l'oxyde mercurique, au sein du tétrachlorure de carbone ne nous a pas conduits à l'obtention d'un produit pur : l'action est lente et donne toujours lieu à la production d'iodure mercurique rouge. Nous avons changé de véhicule en utilisant des liquides ayant des propriétés solvantes plus mar-

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1501.

quées que CCl^4 : l'oxyde d'éthyle, l'alcool absolu, l'acétone. La réaction de l'iode sur l'oxyde basique est beaucoup plus rapide, mais elle conduit, non au composé d'addition $HgOI^2$, mais au mélange d'iodure et d'iodate mercurique.

Devant cet insuccès, nous avons tenté la combinaison directe entre les corps solides : le simple broyage au mortier d'agate détermine déjà partiellement l'union de l'oxyde et de l'iode. Pour l'activer, nous avons porté le mélange porphyrisé, à l'abri de l'air et de l'humidité à une température aussi élevée que possible. Le chauffage est effectué dans un vase de verre surmonté d'un tube dans lequel la vapeur d'iode vient se sublimer. Si la combinaison n'est pas totale, on broie à nouveau le produit obtenu avec un excès d'iode au mortier d'agate et l'on chauffe à nouveau. L'opération est poursuivie jusqu'à ce que la substance obtenue, ne cédant plus d'iode, soit par chauffage modéré, soit au tétrachlorure de carbone, ait un pouvoir oxydant invariable.

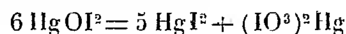
Cette méthode de préparation s'applique aux dérivés obtenus à partir de l'iode et des oxydes de cadmium, de cuivre, de strontium. Le corps Ag^2OI^2 s'obtient ainsi facilement sans chauffage.

Composition de la combinaison mercurique. — Le corps formé est $HgOI^2$. Le dosage de son pouvoir oxydant amène à cette constitution. On dose l'iode, libéré par l'addition d'iodure de potassium et d'acide chlorhydrique, au moyen d'hyposulfite de sodium.

Propriétés physiques. — Corps solide de couleur rouge vermillon rappelant celle de l'iodure mercurique, mais n'en possédant pas l'aspect cristallin, insoluble dans l'eau froide. L'éther, l'alcool éthylique, l'acétone le transforment rapidement à froid en iodure et en iodate mercurique : dans l'acétone la transformation est instantanée et HgI^2 entre en solution, $Hg(IO)^2$ reste comme un précipité blanc, insoluble. Dans l'éther, on observe la décoloration du produit avec dissolution de l'iodure, moins rapidement; l'alcool ne dissout pas complètement l'iodure mercurique. L'eau bouillante dissocie de même le sel en iodure mercurique rouge cristallisé et iodate, qui se dissout et qu'on sépare par évaporation du liquide filtré.

L'action dissociante des solvants est en relation avec leur constante diélectrique et la solubilité de $HgOI^2$ ou de ses produits de décomposition dans ces liquides.

Propriétés chimiques. — La chaleur transforme cette combinaison en iodure et iodate d'après l'équation



$$6\,HgOI^2 = 5\,HgI^2 + (IO^3)^2Hg$$

entre la température de 110 et 115°. Il n'y a aucune perte de poids. On observe cette transformation par le changement de couleur du rouge au jaune, HgI^2 se présente sous sa forme allotropique jaune, cristallisée. De la substance transformée on peut extraire par l'eau bouillante, l'iodate qui se dépose de cette solution en petits cristaux cubiques incolores.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption dans le proche infrarouge de dérivés organiques et minéraux de l'ammoniac.* Note de M. **Paul Job**, Mme **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. G. Urbain.

Des études antérieures ont montré dans les spectres infrarouges l'existence d'une bande intense, voisine de 1μ,04 et présentant plusieurs composantes, pour l'ammoniac liquéfié ou dissous [1], l'aniline, la diéthylamine [2]. Nous avons complété ces résultats par l'enregistrement des spectres de quelques autres dérivés. Hydrazine, phénylhydrazine, éthylènediamine, urée (solutions aqueuses); ces spectres ont été obtenus, entre 0,8 et 1μ,2, à l'aide d'un spectromètre enregistreur à cellule photoconductrice, sous 5,2 ou 1cm d'épaisseur [3]. Le tableau ci-dessous rassemble les valeurs trouvées :

(I, intense; *i*, inflexion; *f*, faible; ?, douteuse).

NH^2NH^2 (sol. aq. 50 %)...	λ.....	10607 (I)	10497 (I)	10276 (*f*)	10142 (*f*)
	ν.....	9428	9526	9731	9860
$C^6H^5NHNH^2$.............	λ.....	10802 (I)	10569 (I)	10452 (*i*)	10258 (*i*)
	ν.....	9258	9462	9567	9748
$NH^2CH^2CH^2NH^2$ (sol. aq.).	λ.....	10477 (I)	10125 (*f*)		
	ν.....	9545	9876		
$O{=}C\langle^{NH^2}_{NH^2}$ (sol. aq. 60 %).	λ.....	10081 (I)	9848 (?)		
	ν.....	9920	10154		

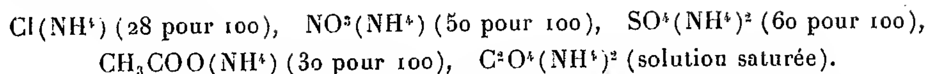
Il était intéressant de rechercher si la même bande d'absorption se retrouve dans les spectres infrarouges des *sels d'ammonium* en solution.

(1) G. Costeanu, R. Freymann et A. Naherniac, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 819.

(2) R. Freymann, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243; R. Freymann et A. Naherniac *Journ. Phys.*, 5, 1934, p. 75.

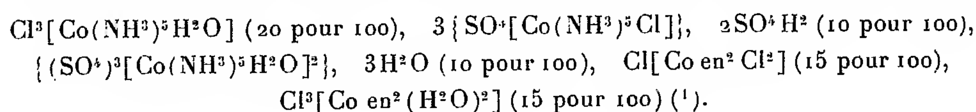
(3) Nous avons pu suivre ainsi la neutralisation de NH^3 par HCl par disparition de la bande de 1μ,04; d'autre part, nous avons contrôlé que la bande de l'ammoniaque ne disparaît pas par introduction de KCl dans la solution (KCl ne formant pas de complexe).

Nous avons étudié :


$Cl(NH^4)$ (28 pour 100), $NO^3(NH^4)$ (50 pour 100), $SO^4(NH^4)^2$ (60 pour 100), $CH_3COO(NH^4)$ (30 pour 100), $C^2O^4(NH^4)^2$ (solution saturée).

Aucune de ces substances renfermant le radical (NH^4) *ne présente la bande de* $1^{\mu},04$, *que l'on trouve pourtant pour* NH^3 *et pour les substances renfermant* NH^2 *ou* NH. Il en est de même pour le chlorhydrate d'hydroxylamine (solution aqueuse 40 pour 100) $OH(NH^3Cl)$ et pour le chlorhydrate de diaminophénol (solution aqueuse 20 pour 100).

La disparition de la bande de $1^{\mu},04$ paraît devoir être *attribuée à la tétracoordinence de l'azote* dans ces différents composés. Pour vérifier cette hypothèse nous avons étudié les spectres de quelques cobaltammines.


$Cl^3[Co(NH^3)^5H^2O]$ (20 pour 100), $3\{SO^4[Co(NH^3)^5Cl]\}$, $2SO^4H^2$ (10 pour 100), $\{(SO^4)^3[Co(NH^3)^5H^2O]^2\}$, $3H^2O$ (10 pour 100), $Cl[Co\,en^2\,Cl^2]$ (15 pour 100), $Cl^3[Co\,en^2(H^2O)^2]$ (15 pour 100) (¹).

Alors que, pour une même teneur en NH^3, les solutions aqueuses d'ammoniaque (ou d'éthylènediamine) montrent une bande NH intense, on n'observe qu'une *très faible inflexion* de la courbe vers $1^{\mu},04$ pour tous ces complexes où l'azote peut être considéré comme tétracoordiné.

Il en est de même pour les cupriammines $Cl^2[Cu(NH^3)^4]$ (50 pour 100), $SO^4[Cu(NH^3)^4]$ (15 pour 100), complexes imparfaits mais peu dissociés en solution.

En résumé, les spectres d'absorption infrarouges de l'ammoniac et ses dérivés de substitution présentent vers $1^{\mu},04$ une bande d'absorption qui doit être attribuée aux vibrations azote-hydrogène. *Cette bande n'existe pas pour les composés où l'azote est tétracoordiné :* sels d'ammonium, ammines complexes parfaites ou voisines de l'état parfait. Ces résultats montrent que les calculs classiques des fréquences de vibration doivent être complétés par l'introduction de la structure électronique des radicaux et des forces d'interaction entre atomes qui en résultent.

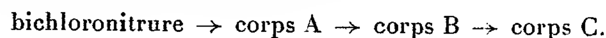
D'autre part, le spectre infrarouge des solutions aqueuses d'ammoniaque est tout différent de celui des sels d'ammonium; il semble donc que la majorité des molécules d'ammoniaque ne contiennent pas le groupe (NH^4) mais doivent *plutôt être formulées* (NH^3), $n\,H^2O$ [*au lieu de* $(NH^4)OH$].

(¹) Ces deux dernières substances ont été préparées par M. Brühl.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'ammoniac sur le tétramère du bichloronitrure de phosphore*. Note de M. **Armand-Marie de Ficquelmont**, présentée par M. Delépine.

Nous avons indiqué (¹) que l'action de l'ammoniac sur le trimère du bichloronitrure de phosphore $P^3N^3Cl^6$ conduit toujours à un composé intermédiaire $P^3N^3Cl^4(NH^2)^2$ dont la décomposition thermique s'effectue sensiblement suivant l'équation $P^3N^3Cl^4(NH^2)^2 = P^3N^5 + 4HCl$. On obtient directement le nitrure de phosphore P^3N^5 en chauffant le bichloronitrure $P^3N^3Cl^6$ jusqu'à 850° dans un courant d'ammoniac. Nous avons répété ces expériences avec le bichloronitrure $P^4N^4Cl^8$. Traité dans les mêmes conditions, il donne aussi naissance au pentanitrure de phosphore. Le mécanisme de la réaction est analogue et quelques composés intermédiaires ont été étudiés.

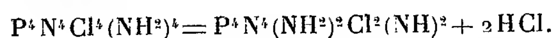
1. *Action de l'ammoniac sur le tétramère* $P^4N^4Cl^8$. — Quand on fait passer un courant d'ammoniac soigneusement desséché à travers une solution de tétramère dans l'éther, il se forme un précipité de chlorure d'ammonium et le produit qui reste en solution est un mélange qui contient, à côté du bichloronitrure, trois nouvelles substances cristallisées (A, B, C), qui dérivent l'une de l'autre dans l'ordre :


bichloronitrure → corps A → corps B → corps C.

Si l'on poursuit l'expérience, l'ammoniac réagit sur ce dernier composé en donnant naissance à un produit insoluble dans tous les solvants non hydrolysants. Le principe de la séparation des substances A, B et C est le suivant : le tétramère et le corps A sont dissous dans l'essence de pétrole ; les corps B et C, insolubles dans ce solvant sont fractionnés par cristallisation dans le benzène. La quantité de produit B que l'on peut obtenir ne correspond jamais qu'à 14 ou 15 pour 100 de la quantité de tétramère utilisée dans la réaction. Par contre, on peut recueillir, sous forme de produit C, jusqu'à 40 pour 100 du bichloronitrure traité. Les résultats d'analyse et les mesures de poids moléculaire nous ont conduit à attribuer respectivement aux corps B et C les formules $P^4N^4Cl^6(NH^2)^2$ et $P^4N^4Cl^4(NH^2)^4$. Quant au corps A, il n'a pas été possible jusqu'à présent de l'isoler à l'état pur à cause de sa grande solubilité dans tous les solvants du tétramère.

(¹) H. Moureu et A. Marie de Ficquelmont, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1417.

L'hexachlorodiamine $P^4N^4Cl^6(NH^2)^2$ est un composé blanc, cristallisé en prismes clinorhombiques, fondant à 217-218° au bloc Maquenne. Il se sublime sous vide entre 150° et 200°. Sous la pression atmosphérique il distille vers 250°, en se décomposant en partie avec dégagement d'acide chlorhydrique. La tétrachlorotétramine $P^4N^4Cl^4(NH^2)^4$ cristallise dans le système quadratique, comme le bichloronitrure $P^4N^4Cl^8$; sa solubilité dans les solvants ordinaires, à part l'éther, est très faible ou nulle. Elle fond au bloc Maquenne à 161-162°. Parfaitement stable au-dessous de 80°, elle peut être conservée indéfiniment en tube scellé; mais elle commence à se décomposer lentement vers 150°. Le produit insoluble et infusible qui se forme à cette température répondrait à la formule $P^4N^4Cl^2(NH^2)^2(NH)^2$ d'après le dégagement d'acide chlorhydrique que l'on observe et qui correspond à la réaction



$$P^4N^4Cl^4(NH^2)^4 = P^4N^4(NH^2)^2Cl^2(NH)^2 + 2HCl.$$

La décomposition se poursuit au-dessus de 200°, mais elle se complique de réactions secondaires que l'on évite en continuant le chauffage dans un courant d'ammoniac. On obtient ainsi, vers 450°, un produit de composition voisine de celle du phospham PN^2H, mais qui contient toujours une certaine quantité de chlore.

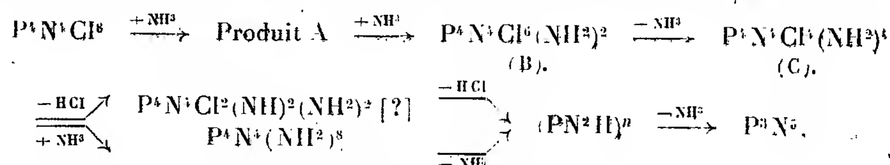
Le terme ultime de l'action de l'ammoniac sur le tétrabichloronitrure en solution dans l'éther, est un composé blanc, complètement aminé, qui paraît avoir pour formule $P^4N^4(NH^2)^8$. Il présente de grandes analogies avec le composé qui a été obtenu à partir du trimère $P^3N^3Cl^6$ et auquel on attribue la formule $P^3N^3(NH^2)^6$ (¹). Comme ce dernier, il se décompose, sous l'action de la chaleur, en donnant naissance au phospham.

2. *Préparation du pentanitrure de phosphore* P^3N^5. — Lorsqu'on chauffe le tétrabichloronitrure de phosphore dans un courant d'ammoniac en élevant progressivement la température, on constate que l'ammoniac commence à réagir entre 150° et 200°. Les corps A, B et C se forment successivement, puis le corps C se décompose sous l'action combinée de la chaleur et de l'ammoniac en donnant du phospham, comme il a été dit plus haut; en continuant le chauffage, on obtient vers 750° un produit blanc exempt de chlore qui est du pentanitrure de phosphore P^3N^5 pur. Le rendement de cette préparation est de 80 pour 100. Le phospham est toujours un produit intermédiaire de la réaction, tandis que dans le cas du

(¹) H. Moureu et P. Rocquet, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1691.

trimère il pouvait exister, à côté, des produits chlorés difficilement décomposables de la forme P^3N^5xHCl. C'est ce qui explique que la préparation du nitrure puisse s'effectuer plus facilement et à une température plus basse à partir du tétramère $P^4N^4Cl^8$ qu'à partir du trimère $P^3N^3Cl^6$.

Il résulte de cette étude que l'on peut passer du tétrabichloronitrure au pentanitrure de phosphore par l'un des deux mécanismes suivants :



et en rapprochant ces résultats de ceux qui ont été obtenus à partir du pentachlorure de phosphore (¹) et à partir du trimère $P^3N^3Cl^6$, on voit que quel que soit celui de ces composés chlorés ou chloronitrurés dont on parte, le produit final est toujours le nitrure de phosphore P^3N^5.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *La chaleur d'hydratation des mortiers.* Note de M. **P. P. Boudnikoff**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'hydratation des mortiers au contact de l'eau est accompagnée d'un dégagement de chaleur qui joue un rôle important dans certaines de leurs applications. Pour déterminer la grandeur de ces quantités de chaleur, nous avons utilisé un calorimètre isotherme de Bunsen, dans lequel l'eau a été remplacée par du diphénylméthane, dont le point de fusion est 24,6° (²).

Nous avons déterminé la chaleur d'hydratation des différentes variétés de sulfate de calcium : gypse, semi-hydrate, sulfate anhydre soluble et insoluble, ciment d'anhydrite (³); ciment de laitier sans clinker (⁴), ciment pouzzolanique dit glynite (argile grillée à 750° mêlée à 25 pour 100 d'hydrate de chaux ou à 20 pour 100 d'anhydrite et 10 pour 100 d'hydrate de chaux).

(¹) H. Moureu et P. Rocquet, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1643.

(²) P. P. Boudnikoff et L. G. Gulinowa, *Kol. Zeits.*, 67, 1934, p. 87.

(³) P. P. Boudnikoff, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 387, et *Chem. Zeit.*, 81, 1933, p. 801 et 83, 1933, p. 822.

(⁴) P. P. Boudnikoff, *Chimie et Industrie*, 31, 1934, p. 5; *Zement*, 24, 1933, p. 325; 25, 1933, p. 342, et 26, 1933, p. 359; *Ton. Ind. Zeit.*, 35, 1933, p. 402, et 30, 1934, p. 370.

Les tableaux suivants font voir que le maximum de chaleur dégagée par le plâtre pendant son hydratation correspond à la calcination préalable du gypse à 200°. Cette quantité de chaleur diminue ensuite à mesure que la température de cuisson s'élève. Elle s'annule pour la température de 750°, à partir de laquelle le plâtre ne s'hydrate plus directement. Il peut encore le faire au contact de catalyseurs, dont les plus actifs sont l'acide sulfurique, le bisulfate de soude et le sulfate de cuivre.

Calciné au-dessus de 750°, le plâtre recommence à dégager de la chaleur au contact de l'eau, par suite de la décomposition partielle du sulfate de chaux et la formation corrélative de chaux libre.

Les tableaux suivants donnent quelques-uns des chiffres obtenus.

Chaleur d'hydratation du plâtre.

Température de cuisson..	120°.	200°.	300°.	600°.	750°.	900°.	1200°.
Durée de l'essai.......	1 h.	1 h. 30	1 h. 30	3 h. 30	5 h.	11 h.	60 h.
Calories dégagées.....	24,7	35,7	13,6	5,3	0,84	4,7	23,6

Chaleur d'hydratation de l'anhydrite.

Catalyseur.	H^2SO^4.	$NaHSO^4$.	$CuSO^4$.
Durée de l'essai....................	50 min.	3 h. 20 min.	3 h. 40 min.
Calories dégagées..................	15	8,5	4,5

Chaleur d'hydratation des ciments.

Nature.	Ciment Portland.	Dolomie calcinée à 1460°.	Ciment d'argile et plâtre.
Durée de l'essai..................	42 h.	25 min. à 3 h.	1 h. 50 min.
Calories dégagées................	28 à 36	0 à 19	11,3

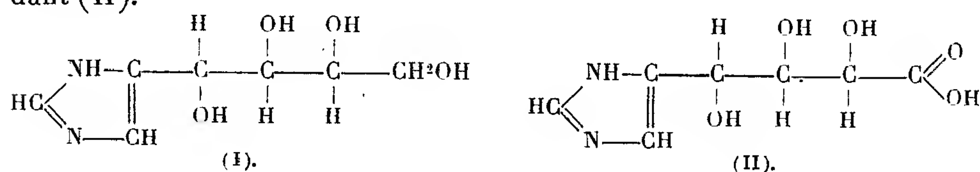
Conclusion. — Le calorimètre au diphénylméthane permet de déterminer la quantité de chaleur dégagée au cours de la solidification des mortiers et d'apprécier ainsi rapidement leur degré d'activité. Il permet de comparer l'action de différents catalyseurs. Il permet enfin de déterminer la température optima de calcination de la dolomie et de la magnésie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Produits d'oxydation du (d-arabino) tétrahydroxybutyl-4-imidazol par l'acide nitrique.* Note de M. **Jacques Parrod**, présentée par M. Georges Urbain.

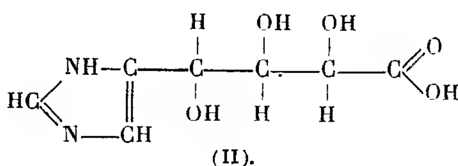
J'avais obtenu ([1]), par action de l'hydroxyde cuivrique ammoniacal sur le *d*-glucose, le *d*-fructose ou le *d*-mannose, le (*d*-arabino) tétrahydroxybutyl-4-imidazol (I). Ce composé, dont j'ai établi la formule, est un polyalcool, dont un atome d'hydrogène lié au carbone est substitué par un radical. On connaît fort peu de combinaisons de ce type, non plus que de sucres ou acides qui en dérivent. Les nombreux dérivés fonctionnels des polyalcools ou des sucres ne sauraient entrer, en effet, dans la catégorie précédente.

Cette substitution d'un atome d'hydrogène lié au carbone par le noyau imidazol peut être susceptible d'apporter des modifications intéressantes aux propriétés des substances ternaires, particulièrement au point de vue biochimique, puisque l'imidazol est l'un des constituants fondamentaux de la matière vivante.

Pour ces raisons, j'ai tout d'abord cherché les produits qui se forment par oxydation du (*d*-arabino)-tétrahydroxybutyl-4-imidazol par l'acide nitrique concentré à chaud. Par analogie avec ce qui se passe avec les polyalcools ordinaires, on peut espérer obtenir en particulier l'acide correspondant (II).

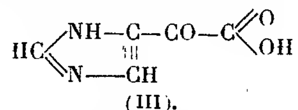


(I).

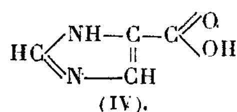


(II).

J'ai effectivement isolé ce corps sous forme du nitrate de sa lactone. De plus, un produit important de la réaction est l'acide imidazol-4-glyoxylique (III) déjà obtenu par F. Knoop ([2]) et Th. Mörner ([3]) par oxydation de l'histidine par l'acide azotique. Enfin, j'ai isolé aussi une petite quantité d'acide imidazol-4-carbonique (IV).



(III).



(IV).

([1]) *Annales de Chimie*, **19**, 1933, p. 235.

([2]) *Beitr. zur Chem. Physiol. und Path.*, **10**, 1907, p. 111.

([3]) *Zeitschr. f. physiol. Ch.*, **103**, 1918, p. 80.

Nomenclature. — J'appellerai le corps (II) : acide imidazol-4-(*d*-arabino) trihydroxypropyl-carbonique. Le préfixe (*d*-arabino) le distingue seulement de ses stéréoisomères; il signifie que si l'on écrit la formule du *d*-arabinose sous la formule (II), de façon que le groupe aldéhyde corresponde au noyau imidazol, leurs trois fonctions alcools secondaires sont identiques dans l'espace ([1]).

Technique. — Le (*d*-arabino) tétrahydroxybutyl-4-imidazol est préparé à partir du glucose. On dissout 10^g de ce produit bien purifié dans 40^{cm^3} d'acide nitrique ($d = 1,38$); on couvre la capsule avec un verre de montre et porte au bain-marie bouillant pendant 1 à 2 heures, jusqu'à ce que le dégagement de vapeurs rouges ait cessé; on laisse ensuite évaporer jusqu'à consistance pâteuse. Pour éliminer presque complètement l'acide azotique en excès, on ajoute de l'eau et évapore. On reprend par l'eau bouillante, filtre après refroidissement (soit A le filtrat), afin de recueillir une poudre blanche qui est de l'acide imidazol-4-glyoxylique presque pur. Comme dérivés de celui-ci on n'a signalé que le sel d'ammonium et l'oxime.

Imidazol-4-glyoxylate de potassium $C^5H^3O^3N^2K + 2H^2O$. — On dissout l'acide dans la quantité calculée de potasse. Pour purifier, on fait cristalliser dans l'alcool à 75 pour 100 et l'on obtient ainsi des aiguilles très solubles dans l'eau, insolubles dans les autres solvants anhydres. Leur solution aqueuse est neutre au tournesol. L'acide précipite par l'acide acétique et non par l'anhydride carbonique.

Analyse. — Eau de cristallisation °/₀, 16,62; N °/₀, 12,95; K °/₀, 18,40 (calculé pour $C^5H^7O^5N^2K$: eau °/₀, 16,82; N °/₀, 13,08; K °/₀, 18,26).

Nitrate de l'acide imidazol-4-glyoxylique $C^5H^4O^3N^2 + NO^3H$. — L'acide imidazol-4-glyoxylique se comporte aussi comme une base très faible; soluble dans l'acide nitrique à 10 pour 100 à l'ébullition, il se dépose par refroidissement sous forme de nitrate. Après séchage sur porcelaine poreuse, on a de gros prismes infusibles sans décomposition.

Analyse. — C °/₀, 29,44; H °/₀, 2,50; N °/₀, 20,82 (calculé pour $C^5H^5O^6N^3$: C °/₀, 29,54; H °/₀, 2,48; N °/₀, 20,69).

On peut à partir de ce sel régénérer l'acide libre par chauffage dans le vide à 130° pendant plusieurs jours. NO^3H °/₀ ainsi trouvé par différence : 31,24; calculé pour $C^5H^5O^6N^3$: 31,03).

Analyse du résidu. — C °/₀, 41,90; H °/₀, 2,87; N °/₀, 20,16 (calculé pour $C^5H^4O^3N^2$: C °/₀, 42,85; H °/₀, 2,87; N °/₀, 20,00).

([1]) Voir *Annales de Chimie*, 19, 1933, p. 223.

En reprenant plusieurs fois ce sel par l'eau chaude, on obtient le même résultat.

Acide imidazol-4-carbonique. — Le filtrat A, évaporé à petit volume, laisse déposer de fines aiguilles d'acide imidazol-4-carbonique.

Nitrate de la lactone de l'acide imidazol-4-(d-arabino) trihydroxypropyl-carbonique. — $C^7H^8O^4N^2 + NO^3H + H^2O$. Dans les eaux mères précédentes cristallisent lentement de gros prismes incolores peu solubles dans l'eau froide, très solubles dans l'eau chaude, perdant une molécule d'eau dans le vide à 60°. F(produit hydraté) = 104°.

Ils donnent deux réactions communes à beaucoup d'imidazols : coloration rouge avec le *p*-diazobenzène-sulfonate de sodium et précipitation par le nitrate d'argent ammoniacal. D'autre part, leur solution additionnée de quelques gouttes de lessive de soude et d'une trace de sulfate cuivre prend une intense coloration rouge violacée, analogue à celle donnée par le biuret.

Analyse (rapportée au produit anhydre). — Eau de cristallisation %, 7,28; C %, 33,84; H %, 3,54; N % 17,33 (calculé pour $C^7H^9O^7N^3$: eau de cristallisation %, 7,29; C %, 34,00; H %, 3,67; N %, 17,00).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux sels minéraux de l'urée.* Note [1] de M. **Léon Palfray**, présentée par M. Delépine.

Les sels minéraux de l'urée décrits se réduisent, à notre connaissance, à deux chlorhydrates, un nitrate, deux phosphates et deux fluosilicates.

La préparation du sulfate avait été tentée par Proust [2], puis par Cap et Henry [3], sans qu'aucun résultat positif ait été atteint; J. Walker [4] a donné une valeur de la conductibilité électrique de ce sel en solution aqueuse, mais il ne dit rien ni sur sa préparation, ni sur ses autres caractéristiques.

Nous nous sommes proposé de préparer ce sulfate et aussi les bromhydrate et iodhydrate.

Sulfate d'urée. — Après de multiples essais, nous nous sommes arrêté,

---

[1] Séance du 25 février 1935.

[2] *Ann. Phys. Chim.*, 2e série, 14, 1820, p. 257.

[3] *J. Pharm. Chim.*, 2e série, 25, 1839, p. 133 et *Am. J. of Pharmacy*, 6, 1841, p. 149.

[4] *Z. Physikal. Chem.* 9, 1884, p. 319.

pour le sulfate, à la technique suivante qui nous a permis, en somme, de préparer aisément le sel à 2^mol d'urée pour une de SO^4H^2. Dans une molécule d'acide à 66° on dissout peu à peu et en agitant, deux molécules d'urée. Si l'on opère sur une quantité un peu importante, il faut refroidir au début. On obtient aussi une masse confusément cristalline. On la redissout dans le minimum possible d'eau, en chauffant à une température qui ne doit pas dépasser 75°. Par refroidissement, les cristaux se séparent; on les sèche dans un dessiccateur à vide en présence de SO^4H^2. Ils sont très déliquescents.

A l'analyse on trouve : SO^4H^2 pour 100, 44,22, théorie, 44,95.

M. C. Gaudefroy a bien voulu faire l'examen cristallographique de ce sulfate :

Cristaux orthorhombiques. Par fusion et refroidissement, le corps cristallise en aiguilles. Lorsque la forme des cristaux est nette, ils ont l'aspect de tables hexagonales très allongées. La face d'aplatissement étant prise pour la face p (001) du prisme primitif, l'allongement est parallèle à l'arête pg^1 ou (001) (010). Les autres côtés de l'hexagone sont les traces des faces m (110), dont l'angle est de 108° environ.

Biréfringence assez forte. Plan des axes optiques g^1(010); la bissectrice n_p est dirigée suivant l'arête pg^1.

Les cristaux, très hygroscopiques, ne se prêtent pas aux mesures goniométriques.

Il nous a été impossible d'obtenir un sulfate ou plus acide ou plus basique. (On sait qu'il y a deux chlorhydrates : ClH, $2NH^2-CO-NH^2$ et ClH, $NH^2-CO-NH^2$.)

Bromhydrates d'urée : 1° BrH, $2NH^2-CO-NH^2$. — En dissolvant l'urée dans l'acide bromhydrique ($d=1,48$), puis évaporant l'eau à la trompe, à une température ne dépassant pas 75°, nous avons obtenu ce bromhydrate en cristaux bien définis, très déliquescents. A l'analyse, on trouve : BrH pour 100, 40,3; théorie, 40,6.

2° BrH, $NH^2-CO-NH^2$. — On traite 1^mol d'urée par 1^mol d'acide bromhydrique en solution dans l'éther anhydre. On obtient un liquide éthéré, surmonté d'une couche d'éther peu acide, que l'agitation ne parvient pas à rendre neutre. Dans le vide sulfurique, l'éther s'élimine; et il reste des cristaux pâteux, mal définis. Essorés sur plaque poreuse et séchés dans le vide, en présence de potasse solide, ils s'agglomèrent en une masse cristalline sèche ne fumant plus à l'air, mais très déliquescente. A l'analyse, faite immédiatement, on trouve : BrH pour 100, 57,2; théorie, 57,4.

Iodhydrate d'urée. — Nous n'avons pu obtenir que l'iodhydrate IH, $NH^2-CO-NH^2$. Pour cela, nous avons dissous 1^mol d'urée dans 1^mol d'acide

iodhydrique concentré ($d = 1,7$) puis évaporé à refus, à la trompe à eau, à 70-75°. Après refroidissement, on a des cristaux pulvérulents, très déliquescents. On les sèche sur plaque poreuse, dans le vide, en présence de KOH en plaques et on fait l'analyse aussitôt. On trouve : IH pour 100, 68,5; théorie, 68,5.

On remarquera que dans aucun cas on ne doit porter les solutions à plus de 75°. A 80° en effet, on observe toujours une décomposition de ces sels d'urée, avec apparition de sels ammoniacaux. Au-dessous de 75°, au contraire, les sels que nous avons obtenus étaient exempts de composés ammoniacaux ou, du moins, ne faisaient apparaître, dans le réactif de Nessler, qu'une nuance colorée à peine perceptible.

Les résultats que nous présentons ici permettent de combler une lacune singulière dans la série des sels minéraux de l'urée.

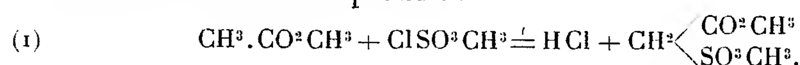
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du chlorosulfonate de méthyle sur l'acétate de méthyle; action du sulfate diméthylique sur le chlorure d'acétyle.* Note (¹) de M. **Robert Levaillant**, présentée par M. Robert Lespieau.

1. M. Frèrejacque a montré (²) que les arylsulfonates de méthyle RSO^3CH^3, dont le plus simple est le benzènesulfonate de méthyle $C^6H^5.SO^3CH^3$, peuvent s'obtenir en faisant agir à chaud le chlorosulfonate de méthyle sur les carbures aromatiques RH.

J'ai, en série grasse, réalisé une action du même genre, en mettant en contact le chlorosulfonate et l'acétate de méthyle.

Dans une molécule de chlorosulfonate de méthyle chauffée à 140°-160°, et additionnée d'un fragment de chlorure de zinc anhydre (catalyseur), introduisons lentement (en 2 ou 3 heures) un peu plus d'une molécule d'acétate de méthyle.

La réaction suivante se produit :



$$CH^3.CO^2CH^3 + ClSO^3CH^3 = HCl + CH^2\left\langle\begin{matrix}CO^2CH^3\\ SO^3CH^3.\end{matrix}\right. \quad (1)$$

Elle engendre l'éther diméthylique de l'acide sulfoacétique.

Agitons le liquide refroidi avec de l'eau glacée; une partie se dissout, une autre partie se rassemble en une couche inférieure. Décantons cette

(¹) Séance du 11 mars 1935.

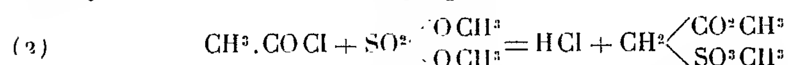
(²) *Thèse*, Paris, 1930.

couche, et après l'avoir additionnée d'éther anhydre, séchons-la sur chlorure de calcium. Distillons ensuite sous pression réduite; après une tête, nous recueillons, entre 155° et 165° sous 21^{mm}, le sulfoacétate diméthylique, avec un rendement de 25 à 30 pour 100 par rapport à l'équation (1).

Signalons, parmi les actions secondaires qui diminuent le rendement, une déméthylation par l'acide chlorhydrique engendré dans la réaction (1).

Une redistillation fournit le produit entièrement pur; on n'y trouve pas trace de chlore; un essai au sodium met au contraire en évidence une assez grande quantité de soufre.

2. Le même composé prend naissance quand on fait réagir le chlorure d'acétyle sur le sulfate diméthylique

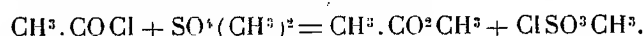


$$(2) \qquad CH^3.COCl + SO^2\begin{matrix}\diagup OCH^3\\ \diagdown OCH^3\end{matrix} = HCl + CH^2\begin{matrix}\diagup CO^2CH^3\\ \diagdown SO^3CH^3\end{matrix}$$

Kämmerer et Carius ont depuis longtemps préparé l'acide sulfoacétique à partir du chorure d'acétyle et du sulfate diargentique SO^4Ag^2 chauffé à 120°. La réaction qui a lieu entre ces deux substances est évidemment parallèle à la réaction (2).

Dans une molécule de sulfate diméthylique additionnée d'un fragment de chlorure de zinc, et chauffée à 140°-150°, introduisons lentement un peu plus d'une molécule de chlorure d'acétyle. La réaction (2) se produit; en même temps du chlorure de méthyle se dégage (déméthylation par l'acide chlorhydrique engendré). Après refroidissement, le liquide, lavé à l'eau glacée, donne une couche inférieure que l'on sèche sur sulfate de sodium ou sur chlorure de calcium. Une distillation dans le vide fournit une fraction 155°-165° sous 20 à 22^{mm}. Rendement 20 à 25 pour 100 par rapport à l'équation (2). Une redistillation conduit au produit entièrement pur.

Les réactions (2) et (1) se ramènent l'une à l'autre au moyen de l'équation suivante, lue soit de gauche à droite, soit de droite à gauche :



$$CH^3.COCl + SO^4(CH^3)^2 = CH^3.CO^2CH^3 + ClSO^3CH^3.$$

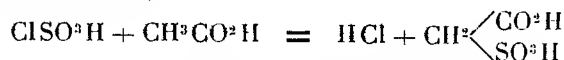
Il n'est d'ailleurs pas impossible que cette réaction soit limitée et intervienne réellement dans les deux sens.

3. Obtenu par l'une ou l'autre de ces deux méthodes, le sulfoacétate diméthylique est un liquide incolore, sensiblement inodore, qui bout à 157° sous 21 à 22^{mm}. Sa densité est $d_{0^\circ}^{0^\circ} = 1,3935$ ou $d_{0^\circ}^{21^\circ} = 1,370$ (variation 0,0011 par degré). Indice $n_D^{21^\circ} = 1,439$.

On le saponifie facilement par chauffage avec une solution de soude. Il se dissout alors en fournissant de l'alcool méthylique.

Analyse : C pour 100 trouvé 28,37; théorique 28,54. H pour 100 trouvé 4,81; théorique 4,80.

4. L'action du chlorosulfonate de méthyle sur un carbure aromatique comme le benzène, ou sur l'acétate de méthyle, est parallèle à celle qu'exerce la chlorhydrine sulfurique sur ce carbure ou sur l'acide acétique. On connaît, par exemple, l'un des modes d'obtention de l'acide sulfoacétique (Baumstark, Stillich)



$$ClSO^3H + CH^3CO^2H = HCl + CH^2\begin{cases} CO^2H \\ SO^3H \end{cases}$$

Des réactions analogues ont lieu entre la chlorhydrine et les acides propionique, butyriques, etc. Il est donc raisonnable de prévoir que les réactions (1) et (2) s'étendront aux éthers méthyliques ou aux chlorures des acides propionique, butyriques, etc.

Une seconde généralisation apparaît, si l'on envisage, en place des dérivés méthyliques, d'autres éthers chlorosulfoniques ou sulfuriques assez robustes vis-à-vis de la chaleur, tels le chlorosulfonate et le sulfate neutre de β-chloréthyle.

MINÉRALOGIE. — *Sur la signification du phénomène d'incandescence présenté par certaines antigorites.* Note de Mlle **Simonne Caillère**.

L'analyse thermique différentielle a montré que les courbes obtenues [1] avec les antigorites α présentent, outre l'inflexion endothermique correspondant à la déshydratation du minéral entre 650° et 750°, un crochet exothermique entre 750° et 850°. J'ai déjà signalé que ce dégagement de chaleur est accompagné d'une émission de lumière [2]; il était nécessaire de chercher à préciser la signification physicochimique de ce phénomène.

Tout d'abord j'ai pensé qu'il pouvait être dû, au moins en partie, à l'oxydation du fer ferreux de la substance. Il n'en est rien, car plusieurs analyses thermiques d'antigorites α et d'antigorites β, effectuées soit dans l'oxygène, soit dans l'azote, fournissent des résultats absolument identiques à ceux obtenus dans l'air. Cependant, dans le vide ($0^{mm},1$ de mercure), les courbes présentent quelques légères différences.

Avec les antigorites α [antigorites de Tilly Foster (New-York), d'Anti-

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 628.
(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1355.

gorio (Piémont), serpentine de Voutchgora (Serbie)], elles mettent en évidence un crochet exothermique très accentué et plus net que dans l'air.

Avec les antigorites β [chrysotile de Montville (New-Jersey), bowénite du Turkestan chinois], les courbes montrent une très légère tendance à la formation d'un phénomène exothermique à la même température que le précédent.

Quoi qu'il en soit de l'interprétation de cette légère anomalie, il semble, d'après ces résultats, que la cause du phénomène doit être recherchée dans la structure même de la substance. J'ai donc étudié, à l'aide des rayons X, par la méthode de Debye et Scherrer, des serpentines appartenant aux deux variétés :

Antigorites α. — Antigorite de Tilly Foster, de Snarum, baltimorite de Baltimore, métaxite de Reichenstein (Silésie), serpentine blanche de La Roche l'Abeille (Haute-Vienne), deweylite de la Nouvelle-Calédonie.

Antigorites β. — Chrysotile de Montville et de Thetford (Canada), bowénite du Turkestan chinois, métaxite de Saint-Colomban-des-Villards (Savoie), picrosmine de Windisch (Tyrol), serpentine compacte de Montville, du Monte Marcolinco (Corse).

L'examen des diagrammes obtenus a montré qu'il était impossible de saisir la moindre différence de structure entre ces deux groupes. Cette étude a été complétée par celle des produits de la déshydratation de deux antigorites de chaque type.

Antigorite α. — *L'antigorite de Tilly Foster* a été chauffée dans le vide ($0^{mm},12$ de mercure) pendant 322 heures à 650°, puis pendant 6 heures à 720°. La poudre ainsi déshydratée complètement, à une température inférieure à celle du phénomène exothermique, fournit un diagramme X où n'apparaît aucune raie. Elle est donc amorphe et a la composition $Si^2O^7Mg^3$. Immédiatement après le phénomène exothermique (750°), la substance recristallise, et le diagramme X met en évidence les raies de l'olivine. A 1000° apparaissent en outre les raies de l'enstatite. Le spectre obtenu avec la poudre chauffée à 1370° est analogue au précédent, mais avec des raies plus nettes. Il est à noter que dans le cas particulier de ce minéral, la courbe d'analyse thermique présente un faible crochet exothermique vers 950°, correspondant peut-être à la recristallisation de l'enstatite.

Avec la *métaxite de Reichenstein* j'ai suivi plus complètement la disparition de la structure de l'antigorite. Le minéral, chauffé à 610° dans le vide ($0^{mm},02$ de mercure) pendant 77 heures, perd 12,63 pour 100 d'eau; il fournit un spectre composé des mêmes raies que celui obtenu avant chauffage; toutefois elles sont moins nombreuses et moins nettes. Après perte de 13,18 pour 100 d'eau à 650°, le diagramme X s'affaiblit encore. A 675°

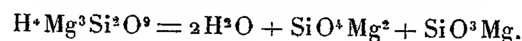
les raies sont extrêmement floues; puis, après chauffage à 720°, toute structure cristalline a entièrement disparu. Enfin le produit calciné à 900°, bien cristallisé, est formé par un mélange d'olivine et d'enstatite.

ANTIGORITES β. — *Le chrysotile de Montville*, chauffé pendant 72 heures dans le vide ($0^{mm},03$ de mercure) à 645°, perd 13,66 pour 100 d'eau. Dès cette température il a recristallisé. Les raies du diagramme sont très nombreuses, elles correspondent à celles de l'enstatite et de l'olivine. Les diagrammes du chrysotile calciné à 930° et à 1370° sont analogues au précédent, mais présentent des raies plus nombreuses.

La bowenite du Turkestan chinois a d'abord été maintenue pendant 27 heures dans le vide ($0^{mm},03$ de mercure) à 610°. Elle a perdu ainsi 3,13 pour 100 d'eau et fournit encore un diagramme de serpentine. Après 72 heures à 610° et perte de 8,79 pour 100 d'eau, les raies de la serpentine s'estompent et l'on peut apercevoir en même temps quelques raies de l'enstatite et de l'olivine. A 620° pendant 8 heures, le minéral perd 9,58 pour 100 d'eau, le diagramme X présente comme le précédent à la fois des raies de la serpentine, qui deviennent de plus en plus floues et celles de l'enstatite et de l'olivine qui se précisent. Chauffée à 650°, la bowénite perd 11,24 pour 100 d'eau et donne uniquement les raies de l'enstatite et de l'olivine. On ne constate aucune différence avec le spectre du produit calciné à 1370°.

Cette étude montre nettement que le phénomène d'incandescence présenté par certaines antigorites correspond à une brusque recristallisation en un mélange d'enstatite et d'olivine du produit amorphe obtenu après la déshydratation. Cette recristallisation s'opère donc à une température très inférieure à celle de la fusion de ces minéraux (¹) et sans qu'il soit nécessaire de calciner longtemps (²).

Dans le cas des antigorites β la recristallisation se poursuit en même temps que la déshydratation. Le phénomène de regroupement des atomes commence plus tôt et se produit progressivement suivant la réaction



$$H^4Mg^3Si^2O^9 = 2H^2O + SiO^4Mg^2 + SiO^3Mg.$$

En général la recristallisation ne s'effectue pas en deux stades comme l'avait indiqué Heraldsen (³) d'après ses essais sur l'antigorite de Snarum,

(¹) G. DAUBRÉE, *Comptes rendus*, 62, 1866, p. 661.
(²) F. CLARKE et E. A. SCHNEIDER, *Zeit. Groth.*, 18, 1891, p. 395.
(³) H. HERALDSEN, *Centralblatt. f. Min.*, 1928, p. 297.

essais exécutés d'ailleurs sans le concours de l'analyse thermique, qui permet de suivre de très près les transformations de la substance, et sans la connaissance du phénomène d'incandescence.

PÉDOLOGIE. — *Quelques considérations sur la partie colloïdale des sols de France.* Note ([1]) de M. **Valérien Agafonoff.**

Depuis une vingtaine d'années, l'importance prise par la chimie colloïdale dans la pédologie et l'agronomie ne cesse de croître, et on établit actuellement une liaison constante entre les propriétés du sol et les particules colloïdales qui entrent dans sa constitution. Au début de ces recherches on n'avait envisagé dans la définition du *complexe absorbant* que les particules colloïdales de dimensions inférieures à $0^{\mu},1$ (Gédroïtz), laissant de côté les autres particules qui jouent cependant un certain rôle dans la structure, dans la chimie et même dans la dynamique du sol. C'est pour tenir compte de leur influence qu'on a convenu d'englober depuis quelques années sous le nom de complexe absorbant des particules dont les dimensions vont jusqu'à 2^{μ}. On se rapproche ainsi de l'ancienne définition de l'argile physique.

Sans parler ici des colloïdes humiques, on a donc à considérer pour chaque type de sols d'une part la proportion de complexe absorbant qu'il renferme, d'autre part la composition chimique de ce complexe. Je dois à l'obligeance de M. Demolon une quarantaine de déterminations de la partie colloïdale (degré de dispersion inférieur à 1^{μ}) de quelques sols types de France, exécutées au Centre agronomique de Versailles, et 11 dosages du même genre (degré de dispersion inférieur à 2^{μ}) effectués à la Station agronomique d'Amiens. Les résultats de ces essais montrent que les proportions de colloïdes d'un même type de sol varient assez fortement suivant la nature de la roche-mère, mais que les moyennes de ces quantités permettent de distinguer les différents types. D'autre part la quantité de la matière « colloïdale » dosée varie avec le degré de dispersion envisagé (inférieur à 2^{μ} ou à 1^{μ}), c'est-à-dire que la proportion de particules de dimensions comprises entre 1^{μ} et 2^{μ} peut différer beaucoup d'un type de sol à l'autre.

Mais l'aspect d'ensemble des résultats change si l'on s'adresse à la com-

([1]) Séance du 11 mars 1935.

position chimique. Six échantillons de ces parties « colloïdales » (degré de dispersion inférieur à 2$^{\mu}$) ont été analysées par M. G. Jouravsky. Les analyses ont été recalculées à 100 après déduction de la teneur en eau et des faibles quantités (inférieures à 1 pour 100) de MgO et de CaO.

	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	$\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$.	$\frac{Al^2O^3}{Fe^2O^3}$.	$\frac{SiO^2}{Fe^2O^3}$.
1. Saint-Siffret (Gard) (sol rouge)......	59,6	27,9	12,5	3,6	3,5	12,9
2. Cap Ferrat (A.-M.) (sol rouge)......	59,2	30,5	10,2	3,3	4,7	15,5
3. Mont Alban (A.-M.) (sol rouge)......	57,2	31,5	11,4	3,1	4,3	13,4
4. Forêt de Valbonne (Gard) (loess)....	59,3	27,2	13,5	3,8	2,9	10,6
5. Lafontaine (Villejuif) (terre à brique)...	60,3	29,4	10,3	3,8	4,5	15,8
6. Héry (Nièvre) (sol brun)...........	63,2	28,1	8,7	3,9	5,1	19,5
7. Tchernoziom alcalin (0$^{\mu}$,28 à 0$^{\mu}$22)....	57,82	29,95	13,83	3,4	–	11,1
8. Sol podzolique (0$^{\mu}$,28 à 0$^{\mu}$,22).........	55,47	31,10	13,47	3,0	–	10,9

Ces résultats montrent une ressemblance dans la composition chimique du complexe absorbant des différents types de sols de France. Si nous considérons maintenant la composition chimique globale des différents types de sols, cette analogie disparaît. Ainsi, la valeur du paramètre $SiO^2 : Al^2O^3$ est de 13,9 pour les sols formés sur le limon des plateaux ; 8,5 pour les sols méditerranéens; 7,2 pour les sols podzoliques; 5,6 pour ceux formés sur les granites. C'est donc la partie du sol moins dispersée que la partie « colloïdale » qui conditionne les différences chimiques observées entre les divers types de sols.

L'analogie indiquée plus haut entre les parties colloïdales des sols a été remarquée par quelques pédologues; Mme Beliakoff [1] a obtenu pour un tcherniozom et un podzol russes les résultats ci-dessus (7 et 8) calculés en éliminant la partie organique et l'eau, ainsi que les alcalis et les alcalino-terreux. On trouve en outre dans ce travail la confirmation des idées de

---

(1) *La composition des suspensions de différentes dispersions des sols steppiques alcalins et podzoliques.* (Recueil à la mémoire de C. D. Glinka), Leningrad, 1928, p. 135.

Puchner (1907) et de C. Glinka (1924) sur l'abaissement de la quantité de silice dans la partie colloïdale quand la dispersion augmente, d'où il résulte que le paramètre $SiO^2 : Al^2O^3$ tend vers 2, c'est-à-dire vers celui de la kaolinite.

Cette analogie dans la composition chimique des complexes absorbants des divers types de sols se manifeste seulement dans les climats tempérés. Elle peut être troublée dans le cas de roches-mères particulièrement alumineuses. Il est compréhensible que dans les régions tropicales et subtropicales où la décomposition produit de grandes quantités d'hydrates de fer et d'alumine, le paramètre $SiO^2 : Al^2O^3$ est beaucoup plus petit que dans les régions tempérées. Dans la plupart des sols rouges latéritiques par exemple, il est toujours inférieur à 2, même si l'on envisage la composition chimique globale du sol.

Enfin la comparaison des résultats de l'analyse thermique différentielle des argiles kaoliniques (¹) et des différents types de sols même latéritiques (²) montre que la kaolinite existe toujours, mais en proportions variées. Ces observations, qui seront complétées, donnent l'espoir de pouvoir étudier directement les étapes de la genèse des sols, en combinant l'analyse thermique et l'analyse chimique sur les parties colloïdales (de différents degrés de dispersion) des types caractéristiques de sols.

HYDROLOGIE. — *Sur l'imbibition et le gonflement de l'argile de la terre arable et leurs rapports avec les débits solides des rivières.* Note de M. **Marcel Pichot**, présentée par M. Paul Langevin.

La terre arable de l'Armagnac est constituée par de l'argile mélangée à une quantité plus ou moins grande de matières humifères, de calcaire et de sable. La dessication avancée, après un été et un automne particulièrement secs, a amené la terre végétale à l'état de roche quasi-indéformable.

La roche extrêmement poreuse adsorbe, par imbibition, la totalité des eaux des premières pluies. Les gaz occlus se dégagent et répandent l'odeur caractéristique de *terre mouillée*.

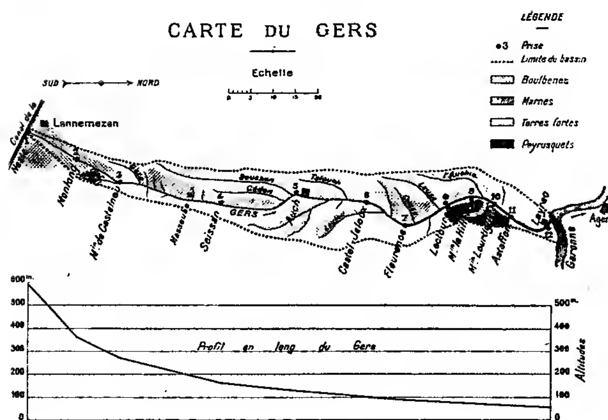
L'imbibition est suivie du gonflement de l'argile et des autres matières

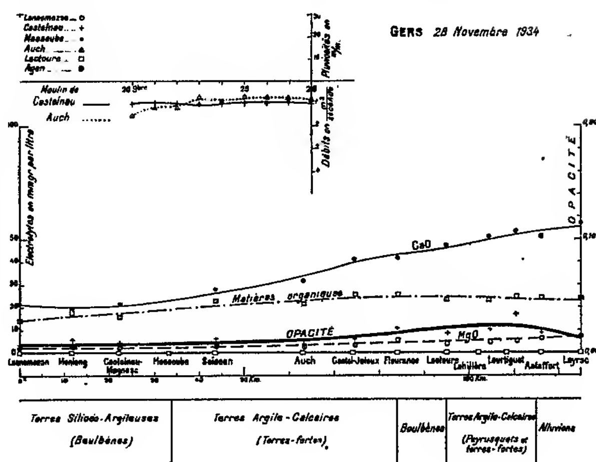
(¹) J. Orcel et Mlle S. Caillère, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 774.

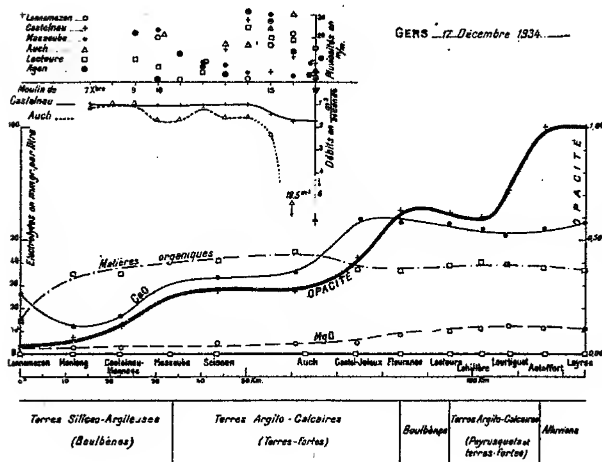
(²) V. Agafonoff et S. Pavlovitch, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 166-168; V. Agafonoff et G. Jouravsky *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1356-1358; V. Agafonoff, *Annales agronomiques*, sept.-oct. 1933, p. 14-22.

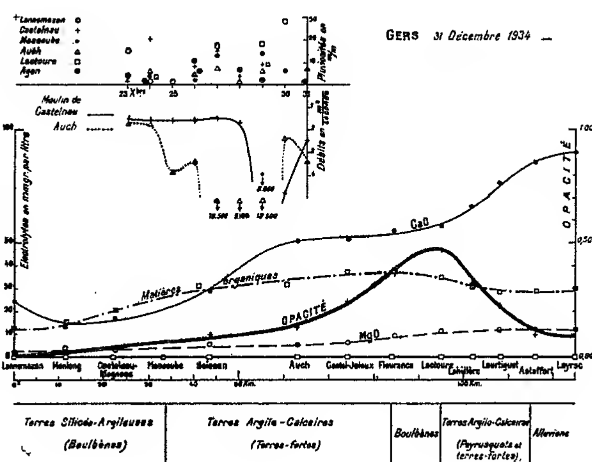
de nature colloïdale. Les fissures du sol se ferment, mais les mottes de terre conservent leur forme, sans émiettement sensible.

Le ruissellement commence. Les eaux de ruissellement, très chargées en matières solides, remplissent les fossés, se déversent dans les ruisseaux









et de là dans la rivière. Le débit de celle-ci augmente et en même temps l'importance des matières solides en suspension.

Pendant l'année 1934, nous avons étudié les débits solides de la rivière le Gers.

Le sol du bassin du Gers est formé :

1° de *terres fortes*, terres argilo-calcaires, localisées surtout sur les pentes *abruptes* de la rive droite;

2° de *boulbènes*, terres silicéo-argileuses, recouvrant une partie plus ou moins grande de la pente à *faible déclivité*, de la rive gauche du Gers au sous-sol marneux et imperméable;

3° de *peyrusquets* sur les plateaux du Lectourois, terres argilo-calcaires reposant sur des assises calcaires perméables.

Pendant la plus grande partie de l'année, les débits solides du Gers sont constitués par de l'argile colloïdale et du carbonate de calcium colloïdal. Les eaux ont une couleur vert jaunâtre caractéristique. Le maximum d'opacité, et partant de teneur en matières en suspension, se présente habituellement dans la région Lahillère-Lourtiguet, comme le montre la courbe du 28 novembre 1934.

En 1934, après une longue période de sécheresse, la pluie commence le 9 décembre. Pendant 6 jours, l'eau pluviale imbibe et gonfle l'argile de la couche superficielle. Le début de la crue du Gers est du 15 décembre.

La majeure partie des matières solides en suspension provient des terres fortes. Les boulbènes, sur les pentes à faible déclivité, fournissent, à surface égale et à pluviosité égale, une quantité de matières solides beaucoup plus faible. La perméabilité des peyrusquets, de leur sous-sol calcaire, facilite l'infiltration des eaux pluviales.

Courbes du 17 *décembre.* — Les eaux du Canal de la Neste alimentent seules, pratiquement, la source du Gers. Les eaux du plateau de Lannemezan apportent, dans la Haute-Vallée du Gers, des matières argileuses. Le Cier, à Castelnau-Magnoac, provenant d'une région marneuse, contribue pour une large part à l'augmentation du débit solide. Entre Masseube et Auch, la prédominance des boulbènes sur les terres fortes conduit à une compensation entre les apports des différentes régions : l'opacité reste invariable. D'Auch à Fleurance les terres fortes prédominent; l'opacité croît. Elle décroît à partir de Fleurance par suite de l'importance prise à nouveau par les boulbènes de la rive gauche du Gers. A partir de Lahillère, les mouvements tourbillonnaires des eaux du Gers remettent en suspension les dépôts formés pendant les mois précédents.

La courbe de teneur en chaux est en étroite corrélation avec la nature, surtout argilo-calcaire, des débits solides. Elle reste parallèle à la courbe d'opacité, pendant la plus grande partie du cours du Gers.

Courbes du 31 *décembre.* — Malgré les pluies abondantes de fin décembre, et qui se traduisent par une crue importante du Gers, les eaux des terres fortes, sont relativement peu chargées en matières solides.

Le sable des boulbènes ne permet pas la formation d'une surface protec-

trice. Ce sont les eaux des boulbènes qui apportent principalement au Gers, argile et sable.

La courbe d'opacité, le long du Gers, le 31 décembre a l'allure générale des courbes d'opacité.

Le maximum d'opacité toutefois, le 31 décembre est 60 fois plus grand que le maximum du 28 novembre. La teneur en sels de calcium a aussi augmenté.

GÉOPHYSIQUE. — *Effet de la température de la stratosphère sur le spectre de l'ozone*. Note (1) de MM. **Daniel Barbier, Daniel Chalonge** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Charles Fabry.

Les études de Götz, Meetham et Dobson (2) et celles de Regener (3) montrent que la majeure partie de l'ozone atmosphérique (70 pour 100) se trouve située au-dessous de 30^{km}, c'est-à-dire dans une région de la stratosphère où régne une température de l'ordre de — 60°C. Or on sait, depuis les recherches de Wulf et Melvin (4), confirmées par celles de Mme Lefebvre (5), que le spectre d'absorption ultraviolet de l'ozone présente un effet de température appréciable,

Nous avons cherché à mettre en évidence les différences qui pouvaient résulter de cet effet entre le spectre de l'ozone étudié au laboratoire à + 15°C et celui de l'ozone stratosphérique.

Nous avons comparé pour cela le spectre d'absorption de l'ozone atmosphérique à celui donné, à la température de 15° C., par une quantité d'ozone du même ordre de grandeur. Les deux spectres étaient fournis par un même spectrographe à prisme objectif (6).

La densité optique a_λ de la couche d'ozone atmosphérique se déduisait de l'étude d'une série de spectres de Véga pris à diverses hauteurs au-dessus de l'horizon (7). Ces spectres permettent de déterminer la densité

(1) Séance du 11 mars 1935.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, A, **145**, 1934, p. 416.

(3) *Phys. Zeits.*, **35**, 1934, p. 788.

(4) *Phys. Rev.*, **38**, 1931, p. 350.

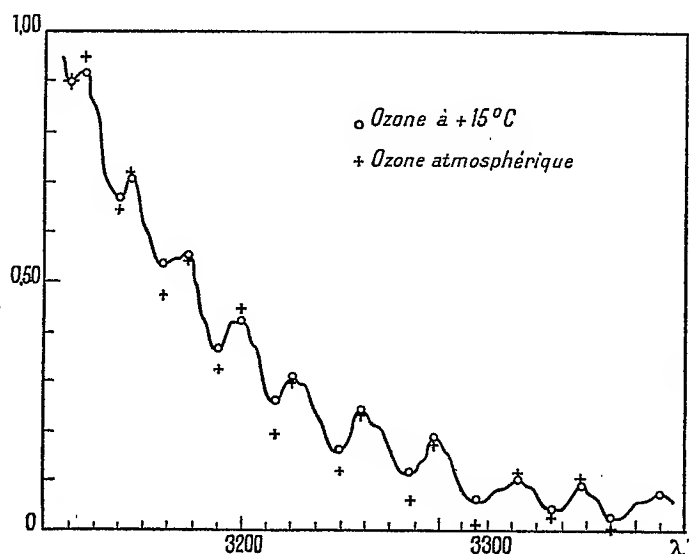
(5) *Comptes rendus*, **99**, 1934, p. 456.

(6) Chalonge et Vassy, *Revue d'Optique*, **13**, 1934, p. 113.

(7) Ces spectres ont été pris à la Station scientifique du Jungfraujoch au cours de recherches de spectrophotométrie stellaire; voir Barbier, Chalonge et Vassy, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 377.

optique de l'atmosphère A_λ pour chaque radiation λ. Si l'atmosphère ne contenait pas d'ozone, A_λ serait une fonction linéaire de λ^{-4}. Dans la région où l'absorption de l'ozone se fait sentir ($\lambda < 3400$ Å) la courbe représentant la variation de A_λ en fonction de λ^{-4} s'écarte de cette droite et l'écart entre la courbe et la droite fournit les diverses valeurs de a_λ.

D'autre part les coefficients d'absorption K_λ de l'ozone (ou densités



optiques de 1cm d'ozone pur) à 15° se déterminent facilement en comparant le spectre continu donné par un tube à hydrogène éloigné (étoile artificielle) au spectre d'absorption que l'on obtient en plaçant sur le trajet de la lumière provenant de ce tube une colonne d'oxygène ozonisé. On obtient ainsi K_λ à un facteur constant x près, x étant l'épaisseur inconnue d'ozone interposé. Nous avons déterminé x en admettant que $K_{3125} = 0,94$ valeur mesurée par Fabry et Buisson (1).

Si l'ozone atmosphérique se trouvait à la même température que l'ozone du laboratoire, a_λ devrait varier proportionnellement à K_λ. Or les points ayant comme coordonnées K_λ et a_λ se placent bien au voisinage d'une droite passant par l'origine, mais ceux qui représentent les maxima d'absorption se trouvent systématiquement d'un côté et ceux qui représentent les minima de l'autre; c'est bien un effet de cette nature que permettaient de

(1) *J. de Physique*, 5e série, 3, 1913, p. 196.

prévoir les observations de Wulf et Melvin et de Mme Lefebvre. On peut présenter ce résultat d'une autre façon qui rend encore plus manifeste l'existence de l'effet de température.

L'épaisseur de l'ozone atmosphérique qui aurait été égale à la pente de la droite (K_λ, a_λ) si les points s'étaient bien alignés, ne se trouve donc déterminée que d'une façon approximative. Si nous admettons, arbitrairement, qu'elle est représentée par la pente de la droite moyenne (l'erreur que nous faisons ainsi ne dépasse sans doute pas 5 pour 100) les coefficients d'absorption de l'ozone dans les conditions physiques où il existe dans la stratosphère se trouvent déterminés. Sur la figure on a représenté la courbe $K_\lambda = f(\lambda)$ (ozone à $+18°$C.) ainsi que les points correspondant aux maxima et aux minima des coefficients d'absorption ainsi obtenus pour l'ozone atmosphérique. Les dentelures de la courbe d'absorption sont beaucoup plus accusées pour l'ozone atmosphérique que pour l'ozone à 15° et cela dénote sa basse température.

L'effet que nous constatons ainsi semble plus grand que celui que l'on pouvait attendre d'après les mesures de Wulf et Melvin. Il est nécessaire de refaire avec plus de précision à la fois des observations telles que celles que nous relatons ici et l'étude quantitative de l'effet de température au laboratoire; il sera peut être possible d'en déduire des renseignements intéressants sur la répartition de l'ozone en altitude et sur la température des couches élevées de l'atmosphère.

Quant au résultat trouvé sur la température des couches d'air riches en ozone, il nous paraît être en accord avec ce que l'on sait sur la répartition de l'ozone en altitude d'après les belles recherches récentes de E. et V. Regener (1). Nous développerons ce dernier point ultérieurement.

Remarques sur la Note précédente, par M. **Charles Fabry**.

La Note de MM. Barbier, Chalonge et Vassy est intéressante de plusieurs points de vue.

Dans l'étude de l'absorption atmosphérique, elle montre que l'on peut tirer des données très précises de l'examen des spectres stellaires. La lumière solaire présente évidemment l'avantage d'une énorme intensité, ce qui permet l'emploi facile d'appareils à grande dispersion; mais en choi-

(1) *Physikalische Zeitschrift*, 35, 1934, p. 788.

sissant convenablement les étoiles brillantes dont on analyse la lumière, on peut avoir des spectres presque continus, riches en radiations ultraviolettes, avec un très petit nombre de lignes d'absorption stellaire. De plus on peut faire des observations nocturnes, dans des conditions où, probablement, l'atmosphère terrestre est dans un état plus stable que pendant le jour; enfin on peut trouver, à toute heure de la nuit, des étoiles ayant des distances zénitbales diverses. Il est vrai que, pour l'étude de l'ultraviolet, le matériel dont se servent habituellement les astronomes dans leurs études de spectroscopie stellaire est inutilisable. Les auteurs se sont servis d'un dispositif nouveau, dont l'idée est due à M. Couder (1), et qui a été réalisé par MM. Chalonge et Vassy (2).

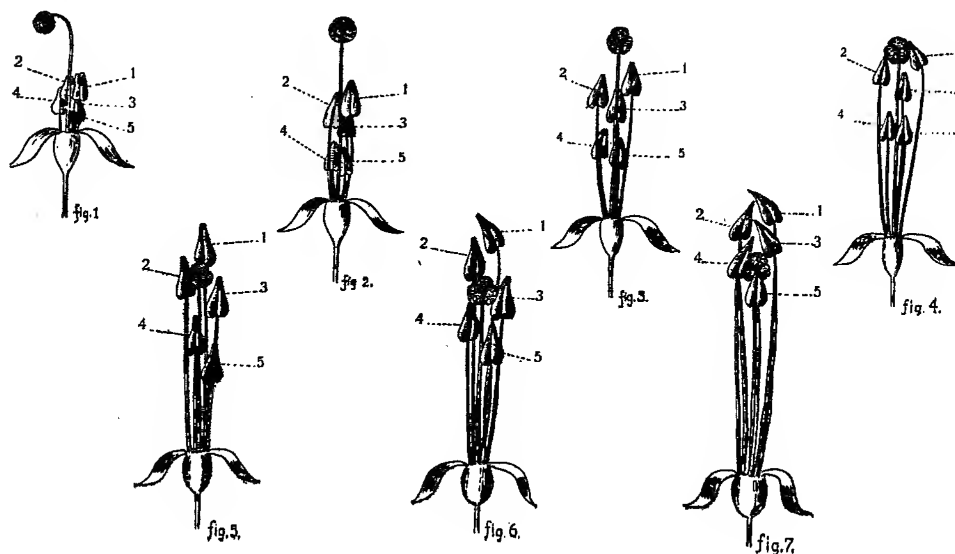
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La pollinisation chez quelques fleurs éphémères.* Note (3) de M. **St. Jonesco**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Nous exposons dans ce travail les résultats de nos expériences et observations faites sur les fleurs éphémères de l'*Ipomœa purpurea* et du *Convolvulus arvensis*. Ces fleurs s'ouvrent, comme on le sait, le matin vers 3^h et se ferment le même jour à partir de midi. Nos recherches ont établi que chez ces espèces la pollinisation est directe, c'est-à-dire qu'il y a *autopollinisation*.

Pour se rendre compte de ce phénomène, nous avons suivi la position prise par les étamines par rapport au style et au stigmate dans différentes phases du développement de la fleur de l'*Ipomœa*. Comme point de départ nous considérons une fleur à peine sortie du bourgeon et dont la corolle petite et verte atteint une longueur de $1^{cm},8$. On constate dans une telle fleur que le style mince, long de $1^{cm},3$, a l'extrémité recourbée vers l'ovaire et dépasse de beaucoup en longueur les étamines. Celles-ci au nombre de 5, insérées à la base de la corolle, sont plus petites que le style. Inégales, en ce qui concerne la longueur de leurs filets, la plus longue atteint $6^{mm},5$, la plus courte 4^{mm}; les autres sont intermédiaires (*fig.* 1). En suivant le développement du style et des étamines à un stade plus avancé, lorsque la corolle est complètement formée, bien pigmentée, mais non encore

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1199.
(2) *Revue d'Optique*, 13, 1934, p. 113.
(3) Séance du 11 mars 1935.

épanouie (elle va s'ouvrir le matin à 3^h), on voit que le style se redresse et s'allonge, les étamines croissent en gardant le même rapport d'inégalité entre elles, mais n'atteignent pas encore le stigmate (*fig.* 2). A 8^h du matin, lorsque la corolle est déjà ouverte, les étamines se sont allongées en restant toujours inégales, mais aucune d'entre elles n'a encore atteint le stigmate : la plus longue est à 3^{mm} de distance du stigmate, les



autres se rangent et se dressent le long du style à des distances différentes (*fig.* 3).

Au moment où la corolle est sur le point de se fermer, la première étamine, la plus développée, a touché par son anthère le stigmate. Elle exécute en ce moment, par l'extrémité de son filet, une torsion de façon à amener la face externe de l'anthère sur laquelle se fait la déhiscence au contact du stigmate. La deuxième étamine touche à l'extrémité de son anthère seulement la partie inférieure du stigmate, tandis que les autres en se dressant le long du style ne l'atteignent pas encore (*fig.* 4). En examinant les étamines dans une fleur incomplètement fermée c'est-à-dire vers 16^h, on constate que la première, après qu'elle a touché et frotté le stigmate, le surpasse et s'élève au-dessus par son anthère, la deuxième touche complètement par la moitié de son anthère le stigmate, la troisième est sur le point d'atteindre sa partie inférieure, la quatrième et la cinquième se trouvent le long du style à quelques millimètres de distance du stigmate (*fig.* 5).

Sur une fleur observée le lendemain de son occlusion, à 10^h, on constate que la première étamine est parvenue dehors par l'orifice du bourrelet et de la corolle fermée, la deuxième surpassant par son anthère le stigmate vient se placer exactement dans l'orifice en l'obstruant, la troisième frotte par son anthère le stigmate, la quatrième le touche par son extrémité, la cinquième est au-dessous du stigmate (*fig.* 6). Si l'on examine enfin la fleur fermée sur le point de perdre sa corolle, c'est-à-dire le surlendemain de sa fermeture, vers 18^h, on voit que toutes les étamines ont touché le stigmate en le surpassant (*fig.* 7). De cette façon elles ont accompli leur fonction de pollinisation; alors elles se flétrissent, la corolle se fane, se détache du réceptacle floral et tombe.

Les mêmes phénomènes ont lieu aussi chez les fleurs de *Convolvulus arvensis*.

Il résulte de ce qui précède que les étamines d'abord plus courtes que le style s'allongent parallèlement à la croissance et au développement de la corolle pour atteindre et finir enfin par dépasser le stigmate. Lorsque l'anthère est arrivée à la hauteur du style, l'extrémité du filet staminal exécute une torsion pour amener la face externe de l'anthère, sur laquelle se fait la déhiscence, au contact du stigmate et par frottement elle dépose sur lui le pollen. L'étamine surpassant le stigmate effectue une détorsion pour reprendre sa position initale. Cette torsion de l'anthère est un mouvement caractéristique chez ces fleurs et a pour but leur pollinisation. Enfin la pollinisation commence un peu avant l'occlustion de la corrolle et s'accomplit définitivement lorsque la fleur est complètement fermée.

PHYSIOLOGIE. — *Démonstration par l'aortographie au thorotrast de l'effet vaso-dilatateur de la sympathectomie péri-artérielle. Analyse de cet effet.* Note de MM. **René Leriche** et **René Fontaine**, présentée par M. Jean-Louis Faure.

On a beaucoup discuté sur l'efficacité de la sympathectomie péri-artérielle. Dans certains pays, on a dénié toute portée vaso-motrice à cette opération, malgré les excellents résultats cliniques qu'elle donne depuis 20 ans, malgré les tests d'hyperhémie consécutive qui ont été fixés dès le début de son emploi.

Après avoir pratiqué 546 sympathectomies péri-artérielles chez l'homme,

il nous a paru intéressant de rechercher expérimentalement par l'artériographie la démonstration de la vaso-dilatation qu'à chaque fois nous avions constatée cliniquement.

Pour cela, sur 6 chiens, une sympathectomie fémorale fut faite par ablation de l'adventice au bistouri, au-dessous de l'arcade de Fallope. De l'autre côté, l'artère fut isolée de même façon, mais l'adventice ne fut pas enlevée.

Du deuxième au huitième jour, des aortographies furent faites avec 20 à 25^{cm^3} de bioxyde de thorium injectés sous pression de $1^{kg},500$.

Sur les radiographies obtenues, il est manifeste que la *vascularisation est infiniment plus riche du côté sympathectomisé que du côté ou l'artère fut simplement découverte et isolée*. Et la vaso-dilatation est de toute évidence généralisée à tout le membre.

Il est important de le noter. Beaucoup d'auteurs pensent, en effet, *a priori*, malgré les résultats de la thérapeutique, que la sympathectomie n'a qu'un effet local, sans retentissement périphérique.

L'état de vaso-dilatation mis en évidence par l'artériographie est fonctionnel et non anatomique ; si, après avoir tué l'animal, on fait une injection convenable du système circulatoire, suivie de radiographie, il n'y a plus aucune différence morphologique entre les deux côtés.

L'expérimentation animale montre donc, comme l'observation humaine, que la sympathectomie péri-artérielle a un effet diffus de vaso-dilatation portant sur tous les vaisseaux d'un membre en aval du lieu de l'opération.

Ceci justifie l'emploi de cette opération, anodine dans les cas où les artères d'un membre ne sont pas oblitérées, et où dominent des phénomènes spasmodiques.

Mais il faut la faire comme il a été décrit.

La vaso-dilatation consécutive est le test physiologique de l'opération convenablement faite.

Ses effets thérapeutiques en dépendent.

PHARMACOLOGIE. — *Alcoolisme expérimental. Hypersensibilité cellulaire due à l'acidose*. Note de Mlle **Jeanne Lévy**, présentée par M. Charles Achard.

Chez certains animaux, notamment chez le chien et le poisson, les variations expérimentales de la réserve alcaline sont susceptibles de renforcer ou

d'entraver l'action des anesthésiques généraux et des hypnotiques ([1]). Pour expliquer ces phénomènes, on peut supposer [([1]) et ([2])] soit que les cellules sensibles sont modifiées dans leur fonctionnement dans le sens d'un affaiblissement ou d'un accroissement de leur réaction physiologique, soit que la résorption et la pénétration de l'anesthésique ou de l'hypnotique sont augmentées ou diminuées. Pour préciser le mécanisme de ces phénomènes et pour choisir entre ces hypothèses, j'ai entrepris l'étude quantitative de la pénétration et de la fixation de l'alcool dans les tissus du rat rendu expérimentalement acidosique ou alcalosique.

Dans cette Note, je n'envisagerai que le cas du rat acidosique recevant par la voie intraveineuse une dose anesthésique liminaire d'alcool, substance qui se prête particulièrement bien, grâce à la technique de M. Nicloux ([3]), à des dosages rapides et précis.

Conditions expérimentales. — Des essais préalables ont montré qu'il est possible d'abaisser de 25 pour 100 la réserve alcaline du rat en lui injectant par la voie intraveineuse $0^{mg},50$ par gramme d'acide chlorhydrique en solution diluée à 2,5 pour 100 (N/1,46). Le rat acidosique peut être anesthésié avec une dose d'alcool inférieure à la dose anesthésique liminaire d'alcool chez l'animal normal; il suffit, en effet, d'injecter à l'animal acidosique, 5 minutes après l'injection d'acide, 2^{mg} par gramme d'alcool pour obtenir une anesthésie complète d'une durée de 4 à 5 minutes, alors que chez l'animal normal il faut injecter $2^{mg},16$ par gramme d'alcool pour obtenir le même effet.

Chez les animaux normaux et acidosiques, l'alcool est dosé dans le sang et le cerveau, les animaux étant sacrifiés de 1 à 30 minutes après injection d'alcool. Chaque chiffre consigné dans le tableau ci-contre représente la moyenne d'une série de dosages effectués sur un nombre d'animaux variant de 4 à 8.

Il ressort nettement de ces chiffres que les quantités d'alcool circulant dans le sang et fixées par le cerveau sont sensiblement identiques chez le rat acidosique et chez le rat normal recevant respectivement par la voie intraveineuse des doses soit de 2^{mg} soit de $2^{mg},16$ par gramme. Mais tandis que, chez l'animal normal, comme nous l'avons montré ([3]), la quantité d'alcool qui circule dans le sang et qui est fixée sur les tissus reste sensiblement constante pendant les cinq premières minutes qui suivent l'injection d'alcool, chez l'animal acidosique, l'élimination de l'alcool se

([1]) M. Tiffeneau, Jeanne Lévy et D. Broun, *Arch. Int. Pharm. et Thérap.*, **38**, 1930, p. 463; *C. R. Soc. de Biol*, **113**, 1933, p. 1507.

([2]) M. et Mme Houssa, *C. R. Soc. de Biol.*, **113**, 1933, p. 1511.

([3]) *Bull. Soc. chim. biol.*, **13**, 1931, p. 857.

fait plus précocement (dès la deuxième minute) et plus rapidement pendant les dix premières minutes que chez l'animal normal, sans doute à cause de la ventilation pulmonaire intense due à l'acidose.

Animaux normaux.			Temps après lequel l'animal est sacrifié (minutes).	Animaux acidosiques.		
Nombre d'animaux utilisés.	Quantité moyenne d'alcool pour 100 fixée par le sang.	Quantité moyenne d'alcool pour 100 fixée par l'encéphale.		Nombre d'animaux utilisés.	Quantité moyenne d'alcool pour 100 fixée par le sang.	Quantité moyenne d'alcool pour 100 fixée par l'encéphale.
a. Injection intraveineuse de 2mg,16 par gramme, dose anesthésique liminaire chez le rat normal.						
7	0,361	0,388	1	6	0,369	0,372
5	0,341	0,324 (1)	3	4	0,281	0,257
6	0,358	0,342 (1)	5	5	0,271	0,240
4	0,278	0,252 (1)	10	5	0,258	0,229
4	0,250	0,241 (1)	30	5	0,231	0,209
b. Injection intraveineuse de 2mg par gramme, dose anesthésique liminaire chez le rat acidosique.						
4	0,317	0,334	1	4	0,315	0,330
8	0,293	0,300	5	6	0,235	0,235

D'autre part, la teneur en alcool de l'encéphale du rat acidosique (0,330 pour 100) qui a reçu la dose liminaire anesthésique (2mg par gramme) est nettement inférieure à la teneur de l'encéphale en alcool (0,388 pour 100) du rat normal qui est amené dans le même état anesthésique après injection de 2mg,16 par gramme d'alcool. Ces faits semblent indiquer que l'hypersensibilité du rat acidosique vis-à-vis de l'alcool est due à une hypersensibilité des cellules de l'encéphale.

Conclusions. — 1° Le rat acidosique est anesthésié avec une dose d'alcool inférieure à la dose minimum anesthésique chez l'animal normal.

2° L'alcool se fixe sur les tissus, notamment sur le sang et l'encéphale des animaux acidosiques, aussi complètement et aussi rapidement que chez l'animal normal, mais son élimination est beaucoup plus précoce chez les animaux acidosiques que chez les animaux normaux.

3° La teneur en alcool de l'encéphale des rats acidosiques anesthésiés avec la dose liminaire de cette substance est nettement inférieure à la teneur en alcool de l'encéphale des animaux normaux amenés dans le

(1) Chiffres déjà publiés (Jeanne Lévy, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 973).

même état anesthésique à l'aide d'ailleurs d'une dose d'alcool plus élevée. Il paraît donc possible d'admettre que l'acidose, chez le rat, rend les cellules de l'encéphale hypersensibles à l'action anesthésique de l'alcool.

BIOLOGIE. — *Études sur les effets biologiques des ultra-pressions; action des pressions très élevées sur les bactériophages des spores et sur les autolysines.* Note de MM. **James Basset**, **Eugène Wollman**, Mme **Élisabeth Wollman** et M. **Michel A. Machebœuf**, présentée par M. Félix Mesnil.

I. Étudiant ([1]), on a l'action des hautes pressions sur les bactériophages libres et montré que ceux-ci sont détruits à 2000-3000^{atm} (bactériophages staphylococciques) ou vers 6500-7000^{atm} (bactériophages du *B. typhique*, du *B. subtilis*). Or il résulte de recherches récentes que la résistance à la chaleur des facteurs lysogènes se trouve énormément accrue lorsqu'on les y soumet non plus à l'état libre, mais à l'état de spores lysogènes. Pratiquement cette résistance à la chaleur devient, dans ces conditions, égale à celle des spores elles-mêmes et il semblait en découler des indications importantes quant à la nature toujours controversée des bactériophages.

C'est ainsi qu'étudiant une souche spontanément lysogène de *B. megatherium*, den Dooren de Jong ([2]) constate que les spores peuvent être portées à la température de 90° et même de 100° sans qu'il en résulte une perte de pouvoir lysogène, alors que le bactériophage à l'état libre est inactivé à 70-75°. Dooren de Jong et, à sa suite, d'autres auteurs (Eug. Wollman, E. Renaux) voyaient dans ce fait un argument important en faveur de l'origine bactérienne, *endogène*, des bactériophages. Ce faisant, ils admettaient que les bactériophages préexistants devaient être détruits par le chauffage et que la présence de facteurs lysogènes dans les cultures issues des spores chauffées était due à la production *de novo* de ces éléments.

On a pu montrer depuis (Adant, Cowles) que les mêmes résultats s'observent avec les spores de germes non spontanément lysogènes, mais qu'on a expérimentalement « contaminées » par le bactériophage correspondant. Dans ces expériences, des bactériophages de « contamination », c'est-à-dire sûrement d'origine extérieure, se trouvent donc protégés contre

---

([1]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1138.
([2]) *Centralbl. f. Bakt.*, **120**, 1931, p. 1 et 15.

l'action de la chaleur du fait seul qu'ils sont contenus dans des spores elles-mêmes thermorésistantes

Les résultats de den Dooren de Jong perdent, dans ces conditions, la signification d'un argument décisif en faveur de l'origine bactérienne des facteurs lysogènes, qu'on avait pu à un moment leur attribuer.

Étant donné l'intérêt de la question, il était indiqué d'étudier le comportement aux hautes pressions des spores spontanément lysogènes, ainsi que de spores qu'on rendrait expérimentalement porteuses de facteurs lysogènes. A cet effet et avec une technique décrite antérieurement ([1]), nous avons exposé à la pression des spores d'une souche spontanément lytique de *B. megatherium* (souche Dooren de Jong) ainsi que le bactériophage produit en bouillon par cette bactérie.

Nous avons pu ainsi nous assurer que ce bactériophage, comme ceux que nous avons étudiés antérieurement, était inactivé par une pression de 6500-7000^{atm}. Par contre, la fonction lysogène des cultures issues de spores de *B. megatherium* portées à 9500-10000^{atm} restait intacte. Les facteurs lysogènes contenus dans les spores d'une souche spontanément lysogène se trouvent donc protégés contre l'action nocive de la pression comme ils le sont contre celle de la chaleur.

En possession de ces données, nous avons exposé à la pression (45 minutes à 10000 ainsi qu'à 13500^{atm}) des spores de *B. subtilis* expérimentalement « contaminées » par le bactériophage correspondant. Ici encore, le bactériophage a parfaitement supporté ces pressions énormes : ensemencées sur gélose, les spores ainsi traitées donnaient des cultures très fortement lysées; le bouillon restait limpide et une goutte de ce bouillon lysait complètement une culture jeune de *B. subtilis*. Des expériences témoins montrent que, si au lieu d'être contenu dans les spores, le bactériophage du *B. subtilis* y est simplement mélangé, il est complètement et définitivement inactivé à une pression beaucoup plus faible (7500^{atm}).

Qu'il s'agisse de souches spontanément lysogènes ou de germes expérimentalement *contaminés* par un bactériophage, les facteurs lysogènes contenus dans les spores se trouvent donc efficacement protégés contre l'action des pressions élevées comme contre celle de la chaleur. La résistance à l'action nocive ne permet pas, dans ces conditions, de faire le départ entre facteurs lysogènes produits spontanément et ceux d'origine extérieure.

([1]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1431 et **196**, 1933, p. 1138.

2. Nous avons, d'autre part, étudié l'action des pressions élevées sur les autolysines spécifiques que deux d'entre nous ont mis en évidence ([1]). Des lysats bactériophagiques de staphylocoque et de *B. subtilis*, riches en corps microbiens dissous, furent soumis pendant 30 minutes à une pression de 7500^{atm} et leur action comparée à celle de lysats témoins non pressés. A cet effet, on additionnait les uns et les autres de suspensions de germes appropriés (staphylocoque, souches asporogènes de *B. megatherium* ou de *B. anthracis*), chauffées à 60° afin d'exclure l'action bactériophagique des lysats témoins.

Les résultats (lyse des germes chauffés) montrent que, bien que nettement affaiblie, l'activité des autolyseurs résiste dans une certaine mesure à une pression de 7500^{atm}.

Les autolysines spécifiques se comportent donc aux pressions élevées comme les diastases étudiées par deux d'entre nous ([2]) et se différencient nettement, par ce caractère encore, des bactériophages correspondants.

IMMUNOLOGIE. — *Titre antitoxique et pouvoir anti-infectieux des sérums thérapeutiques*. Note de MM. **Michel Weinberg** et **Jean Davesne**, présentée par M. Félix Mesnil.

Au cours de ses recherches sur la sérothérapie de la gangrène gazeuse, l'un de nous (Weinberg) a observé que l'effet du sérum gangréneux à la fois antitoxique et antimicrobien est beaucoup plus net et plus rapide que celui du sérum uniquement antitoxique.

Une expérience très simple sur le pouvoir anti-infectieux du sérum anti-V. septique est venue appuyer cette observation clinique : un sérum anti-V. septique antitoxique neutralise 1/20 ou 1/10 de centimètre cube d'une culture virulente de V. septique, alors que le sérum anti-V. septique ayant la même valeur antitoxique, mais étant en même temps antimicrobien, neutralise facilement 1^{cm^3}, $1^{cm^3},5$ et quelquefois même une dose plus forte de la même culture.

Des travaux que nous avons poursuivis au cours de ces dernières années sur la parenté du *V. septique* et du *B. chauvœi* nous ont apporté des données nouvelles en faveur de notre interprétation des faits que nous venons de citer.

([1]) *Annales Institut Pasteur*, 49, 1932, p. 41; *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1642.
([2]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1431.

En étudiant comparativement les propriétés de 11 sérums anti-V. septique et celles d'un sérum anti-*chauvœi* (obtenu par des injections répétées de culture totale de *B. chauvœi*), nous avons constaté que le sérum anti-V. septique antitoxique renferme une quantité quelquefois considérable d'antitoxines anti-*chauvœi*.

Le titre de ces antitoxines anti-*chauvœi* était de 400 unités pour un sérum et de 100 à 300 unités pour les 10 autres.

Nous avons voulu nous rendre compte si les sérums anti-V. septique si riches en antitoxines anti-*chauvœi* avaient également un pouvoir anti-infectieux très marqué vis-à-vis de la culture de ce dernier microbe. Quelle ne fut notre surprise lorsque nous constatâmes que 5 sérums sur 11 n'ont pas neutralisé, à la dose de 1/4 de cm^3, même une seule dose minima mortelle de culture de *B. chauvœi* pour le cobaye; et, cependant, ces 5 sérums anti-V. septique titraient de 150 à 200 unités antitoxiques anti-*chauvœi*.

Étant donné ces résultats, nous nous sommes demandé s'il ne manquerait pas au sérum anti-V. septique d'autres anticorps indispensables à la neutralisation de la culture de *B. chauvœi*.

Nous avons constaté que ce sérum renferme des anti-hémolysines anti-*chauvœi*, mais en quantités très variables, et il se trouve justement que les échantillons de sérum anti-V. septique, qui n'ont pas neutralisé la culture de *B. chauvœi*, étaient les moins riches en anti-hémolysines anti-V. septique : quatre n'ont pas neutralisé, à 1/20 cm^3 une seule unité hémolytique; des trois autres dont le titre anti-hémolytique était de 20, l'un était dépourvu de tout pouvoir anti-infectieux, deux autres n'ont neutralisé, à la dose de 1/4 cm^3, qu'une dose mortelle de culture de *B. chauvœi*, et encore une fois sur deux.

Nous n'avons obtenu de bons résultats (neutralisation franche de la culture) qu'avec des sérums titrant 50 unités anti-hémolytiques.

En se basant sur ces recherches, ainsi que sur les observations antérieures de l'un de nous, nous croyons pouvoir conclure que :

1° le pouvoir curatif et anti-infectieux d'un sérum thérapeutique est d'autant plus marqué qu'il renferme plus d'anticorps vis-à-vis de tous les antigènes élaborés par un microbe donné;

2° pour être efficace contre un microbe hémolytique, le sérum doit donc renfermer en même temps des anticorps contre la toxine non hémolytique et contre la toxine hémolytique;

3° cette règle ne joue pas, bien entendu, pour les microbes secrétant une toxine non hémolytique, dont l'action est foudroyante même injectée à dose infime, comme par exemple le B. tétanique ou le B. botulinique.

A $16^h 10^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Astronomie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Benjamin Baillaud* :

En première ligne...............	M. **Jean Chazy**.
En seconde ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*..................	MM. **Jules Baillaud**, **Gaston Fayet**, **Bernard Lyot**.
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*..................	MM. **Armand Lambert**, **Pierre Salet**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à $17^h 30^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 11 février 1935.)

Note de M. *David Belorizky*, Changement remarquable de la vitesse radiale de l'étoile nouvelle d'Hercule :

Page 528, ligne 2, *au lieu de* Daniel, *lire* David ; ligne 19, *au lieu de* $0^{mm},3$, *lire* $0^{mm},03$.

(Séance du 11 mars 1935.)

Note de M. *Émile Haas*, Sur la mesure de l'amplitude accommodative :

Page 966, ligne 15 en remontant, *au lieu de* proximum de $0^m,212$, *lire* proximum à $0^m,212$.

Page 967, ligne 8, *au lieu de* est indispensable même, *lire* est seule indispensable.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 MARS 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Lauge Koch** qui assiste à la séance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Carbures* C^8H^{14} *provenant de l'action du bromure de crotyle sur son dérivé magnésien.* Note de MM. **Robert Lespieau** et **Paul Heitzmann**.

Dans une thèse passée en 1898, mais parue l'an d'après, Charon signalait [1] que par action de la poudre de zinc sur le bromure de crotyle au sein de l'alcool aqueux, il avait obtenu un octadiène 2-6. Ce carbure bouillait à 117°-119°; il fixait le brome en donnant deux bromures cristallisés, et l'iode en donnait un diiodure fondant vers 155°.

On est resté longtemps sans revenir sur cette question. En 1922, Braun et Shirtmacher [2] ont fait agir le bromure de crotyle sur le magnésium en présence d'éther et sont arrivés à un carbure C^8H^{14} bouillant à 113°-114°, pour lequel ils ont admis la formule de Charon, sans rejeter toutefois l'hypothèse qu'une des doubles liaisons de celle-ci ait pu migrer.

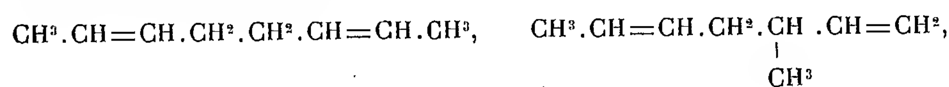
Nous avons été amenés à reprendre ces travaux pour la raison suivante : Mlle Grédy et M. Piaux [3] ont montré, par l'étude de son spectre Raman, que le bromure de crotyle est un mélange où domine le composé

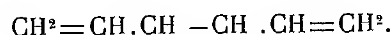
---

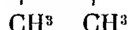
(1) *Ann. Ch.*, 7e série, 17, 1899, p. 265.
(2) *Ber. d. ch. Ges.*, 56, 1922, p. 539.
(3) *Bull. Soc. Ch.*, 5e série, 1, 1934, p. 1481.

$CH^3-CH=CH-CH^2Br$ trans, mais où se trouvent aussi l'isomère cis, ainsi que le bromure $CH^3-CHBr-CH=CH^2$.

Il était dès lors à prévoir que le bromure de crotyle réagissant sur son magnésien donnerait non pas un carbure, mais tous ceux correspondant aux trois formules planes :







soit, compte tenu des isoméries cis et trans, six carbures C^8H^{14}.

On peut prévoir grossièrement les points d'ébullition de ceux-ci : l'octane normal bout à 125°, les divers méthylheptanes vers 117°, les diméthylhexanes vers 108°. Or, aux environs de C^8, un éthylénique 1 bout 4°,5 plus bas que le carbure saturé correspondant, tandis qu'un éthylénique 2 trans bout au même point que ce dernier. Quant aux cis on est très peu renseigné; on sait seulement que le butène 2 cis bout 2°,65 plus bas que son isomère trans (¹). et de telles différences s'atténuent habituellement quand croît le nombre d'atomes de carbone. De ce qui précède on peut déduire que les points d'ébullition sont : I, 122°-125°; II, 110°-113°; III, 100°.

Or, par action de deux molécules de bromure de crotyle sur un atome de magnésium, en présence d'éther, nous avons obtenu un mélange de carbures C^8H^{14} avec un rendement avoisinant 90 pour cent du théorique et, après de nombreuses distillations, nous avons été amenés à en faire trois fractions : I, ébullition 122°-125°; II, ébullition 110°-111°; III, ébullition 100°, avec peu de portions intermédiaires. Les deux premières sont en proportions équivalentes, la troisième, bien plus mal définie, n'existe qu'en proportion infime, ce qui empêche d'en pousser la purification.

Et les propriétés de ces trois fractions conduisent à leur attribuer les formules I, II, et III, étant entendu que la troisième est impure.

En effet un diéthylénique C^8H^{14} doit avoir comme composition en poids : $C=87,27$; $H=12,73$. Sa réfraction moléculaire, R. M., les doubles liaisons n'étant pas conjuguées, doit avoisiner 38,21 ou 38,70 (le premier

(¹) Young, Dillon, Lucas, *J. Am. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 2528.

avec $H^2 = 2,2$, le second avec $H^2 = 2,27$, nombres donnés par Eisenlohr). S'il a une double liaison en bout, son spectre Raman doit avoir une raie de fréquence 1642 cm^{-1}, s'il en a une plus centrale, une de fréquence comprise entre 1650-1680 cm^{-1}, plus faible pour un cis que pour une trans. Enfin l'oxydation permanganique indique la position de ses doubles liaisons.

Nous avons fait ces études sur les fractions I et II, elles ont confirmé pour elles les formules I et II; pour la fraction III la confirmation est moins nette, à cause de son impureté, mais nous en avons apporté une autre.

I. *Fraction* 122°-125°. — Combustion : C = 86,39; H = 12,73. A 29°, $d = 0,741$; $n_D = 1,4328$; R. M. = 38,55. Spectre Raman : pas de fréquence voisine de 1642 cm^{-1} : deux raies fortes, d'intensités voisines, 1657 et 1672c m^{-1}, indiquant, soit un mélange d'isomères cis et trans, soit un carbure ayant une liaison cis et une trans.

L'oxydation permanganique donne de l'acide acétique, caractérisé par son sel d'argent, Ag pour 100, 64,29; théorie 64,66, et de l'acide succinique caractérisé par son point de fusion 182°,3 et par le dosage du métal dans son sel de calcium, 25,55'; théorie 25,64 pour 100.

Signalons en outre que l'hydrogénation de cette fraction nous a donné l'octane bouillant à 125°.

II. *Fraction* 110-111°. — Combustion : C = 86,70; H = 12,86. A 22°,4, $d = 0,7298$; $n_D = 1,4247$; R. M. = 38,52. Le spectre Raman comporte deux raies fortes d'intensités égales 1641 et 1672 cm^{-1}, ce qui indique une liaison éthylénique en bout et une autre plus centrale trans, sans qu'on puisse dire si elles appartiennent à un même corps. Mais l'oxydation le dit, car elle fournit de l'acide méthylsuccinique, caractérisé par son point de fusion 111°-112°,5, un tirage alcalimétrique, et un dosage de métal dans son sel d'argent : 61,82, théorie 62,42 pour 100.

L'hydrogénation de cette fraction nous a donné un méthylheptane bouillant à 118°,5.

III. *Fraction* 100°. — Combustion : 86,03; H = 12,86. A 24°, $d = 0,7226$; $n_D = 1,419$; R. M. = 38,44. En ayant trop peu, on a fait le spectre Raman des fractions 96-103 et 102-105. On y a trouvé la fréquence 1641 cm^{-1}, mais aussi d'autres impliquant la présence de doubles liaisons plus centrales, ce que nous attribuons à des impuretés.

Fixation de brome. — Les trois fractions fixent sensiblement quatre atomes de brome, mais seule la fraction I donne ainsi des cristaux (avec beaucoup de liquide). On les essore, les fait recristalliser en refroidissant

par un mélange de glace et de sel leur solution dans le tétrachlorure de carbone. Ils fondent à 184°-184°,5; c'est un tétrabromure car on y a trouvé Br 75,16; théorie 74,42 pour $C^8H^{14}Br^2$.

Fixation d'iode. — La réaction paraît incomplète, car il n'y a pas décoloration ne fut-ce que d'une parcelle d'iode, cependant il y a dégagement de chaleur. Le corps formé n'offre de stabilité qu'avec les fractions II et III. En effet seules elles donnent quelque chose si l'on détruit l'iode paraissant n'avoir pas réagi par le sulfite de sodium. Avec II on n'a qu'un diiodure, $C^8H^{14}I^2$, que l'on prépare facilement, mais avec un rendement faible, en ajoutant 2I au carbure dissous dans le benzène. On porte l'ébullition, ajoute un peu de noir animal, filtre, agite avec de l'acide sulfureux, et fait recristalliser dans l'hexane. On a ainsi des cristaux blancs, fondant à 155°-156°. On y a trouvé 69,776 d'iode; théorie 69,78.

Avec la fraction III on n'a qu'à ajouter l'iode, puis au bout de quelque temps on décolore par du sulfite de soude, et l'on ajoute du tétrachlorure de carbone. Il reste en dessous de ce liquide des cristaux, et lui-même en dissout un peu. Ces cristaux se décomposent vers 100°, avant d'avoir fondu. Ils répondent à la formule $C^8H^{14}I^4$, car on y a trouvé 82,18 pour 100 d'iode, la théorie voulant 82,20.

Le fait que la fraction I ne donne rien ainsi, et que la fraction II ne donne qu'un diiodure, nous paraît indiquer que seules les doubles liaisons en bout fournissent alors un produit ayant quelque stabilité. S'il en est ainsi il faut en conclure que dans la fraction III se trouve un corps à deux doubles liaisons terminales, et c'est bien ce que veut la formule III.

Un commencement de confirmation de ces dernières vues résulte du fait que, traités de même, le biallyle et le pentadiène 1-5 nous ont donné des tétraiodures cristallisés, tandis que le pentène 2 (mélange de cis et de trans), et le triméthyléthylène, ne nous ont rien donné.

Au dernier moment nous avons connaissance d'un Mémoire de Mlle van Risseghem [1] relatif à la préparation d'un hexène par action du bromure de crotyle sur le bromure d'éthylmagnésium; elle a constaté, dans les résidus de cette préparation, la présence d'un méthylheptadiène bouillant à 111°,5-113°,5, et celle d'un octadiène bouillant à 124°-126°. Nos résultats sont en accord convenable avec les siens, puisqu'il s'agit de mélanges de stéréoisomères, dont les proportions ne sont probablement pas immuables.

---

(1) *Bull. Soc. Ch. Belgique*, 39, 1930, p. 360.

M. **Louis Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. L.-O. Howard : *Les menaces des Insectes*, traduit par L. Berland, dont il a écrit la *Préface*.

NOMINATIONS.

M. **Gabriel Bertrand** est désigné pour représenter l'Académie au *Ve Congrès National de la Chimie Pure et Appliquée*, qui aura lieu en Sardaigne du 1er au 7 mai 1935.

M. **Charles Barrois** est désigné pour représenter l'Académie à l'inauguration d'un médaillon de Jules Cornet à Tervueren, le 4 mai 1935.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Benjamin Baillaud* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 60,

M. Gaston Fayet	obtient	24	suffrages
M. Jean Chazy	»	14	»
M. Bernard Lyot	»	10	»
M. Jules Baillaud	»	7	»
M. Pierre Salet	»	3	»

Il y a 2 bulletins nuls.

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 59,

M. Gaston Fayet	obtient	41	suffrages
M. Jean Chazy	»	16	»
M. Bernard Lyot	»	1	»
M. Jules Baillaud	»	1	»

M. **Gaston Fayet**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les prix Nobel en* 1935.

2° F. H. van den Dungen. *Acoustique des salles.*

3° Raymond Defay. *Étude thermodynamique de la tension superficielle.* Préface de Th. De Donder.

4° Robert Lévi. *Étude relative au contact des roues sur le rail.* (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

M. le **Général commandant l'École Polytechnique** adresse un Rapport sur l'emploi qui a été fait de la subvention accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1934.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Topologie des espaces abstraits de M. Banach.* Note (¹) de M. **Jean Leray**, présentée par M. Henri Villat.

On peut apporter les compléments ci-dessous à notre travail fait en commun avec M. J. Schauder (²).

Notations. — Les transformations dont il s'agira opèrent sur un espace linéaire, normé et complet $\mathcal{E}$; elles sont du type $y = x + \mathcal{F}(x)$, $\mathcal{F}(x)$ étant complètement continue. ω désignera un sous-ensemble ouvert et borné de $\mathcal{E}$; ω' sa frontière, $\overline{\omega} = \omega + \omega'$ son ensemble de fermeture. Soit une transformation $y = \Phi(x)$, dont ω est le champ de définition; soit e un point ou un ensemble connexe étranger à $\Phi(\omega')$; $[\Phi, \omega, e]$ désignera le degré topologique de Φ sur e.

1. Degré topologique du produit de deux transformations Φ et Ψ. — Φ est définie sur $\overline{\omega}$, Ψ sur (³) $\Phi(\overline{\omega})$; soient d les domaines bornés que $\Phi(\omega')$

(¹) Séance du 18 mars 1935.

(²) *Annales scient. de l'École Normale supérieure*, 51, 1934, p. 45.

(³) Nous étendons à tout l'espace le champ de définition de Ψ. Si d n'appartient pas à $\Phi(\overline{\omega})$, le terme correspondant dans (1) est nul.

détermine dans $\mathcal{E}$. *On a en tout point c étranger à* $\Psi\Phi(\omega')$.

$$(1) \qquad [\Psi\Phi, \omega, c] = \sum_{(d)} [\Phi, \omega, d].[\Psi, d, c],$$

les termes non nuls de cette somme étant en nombre fini.

La formule (1) se vérifie aisément quand $\mathcal{E}$ est euclidien, et que Φ et Ψ sont simpliciales. On peut donc la déduire du lemme que voici.

Lemme. — *Soient* Φ^* *et* Ψ^* *deux suites de transformations qui convergent uniformément vers* Φ *et* Ψ, *le champ de définition de* Φ^* *étant* $\overline{\omega}$. *Je dis que* (1) *est vérifiée lorsque la formule analogue* (1^*), *qui concerne* Φ^* *et* Ψ^*, *est vérifiée.*

Bien que $\Psi^*\Phi^*(x)$ ne converge pas uniformément vers $\Psi\Phi(x)$ les premiers membres de (1^*) et (1) sont égaux à partir d'un certain rang.

Les points b tels que $\Psi(b) = c$ constituent un ensemble compact B; soit $2l$ la distance de B à $\Phi(\omega')$; les points dont la distance à B est inférieure à l constituent des domaines V_i, en nombre fini. Pour $\|\Phi^*(x) - \Phi(x)\| < l$, les V_i sont étrangers à $\Phi^*(\omega')$; on prouve par l'absurde qu'à partir d'un certain rang les V_i contiennent tous les points b^* tels que $\Psi^*(b^*) = c$. Les seconds membres de (1^*) et (1) valent alors respectivement

$$\sum_i [\Phi^*, \omega, V_i].[\Psi^*, V_i, c] \quad \text{et} \quad \sum_i [\Phi, \omega, V_i].[\Psi, V_i, c];$$

ils sont donc égaux à partir d'un certain rang.

2. Invariance du domaine [1]. — *Si* D *est un domaine borné, si* Φ *est biunivoque sur* $\overline{D}$, *alors le degré de* Φ *est constant sur* $\Phi(D)$, *il vaut* ± 1, $\Phi(D)$ *est un domaine*, $\Phi(D')$ *en est frontière.*

Démonstration. — Soit Ψ l'inverse de Φ; soit d le domaine déterminé par $\Phi(D')$ qui contient $\Phi(D)$; (1) se réduit à

$$1 = [\Phi, D, d].[\Psi, d, D];$$

donc $[\Phi, D, d] = \pm 1$. Par suite $\Phi(D) \equiv d$. D'autre part tout point de $\Phi(D')$ est limite de points de $\Phi(D)$.

3. Invariance du nombre des domaines que délimite un ensemble fermé. —

(1) M. Schauder a établi ce théorème sous des hypothèses un peu plus strictes (*Math. Ann.*, 106, 1932, p. 667); la démonstration que j'expose ici a les rapports les plus étroits avec la sienne. M. Schauder a en outre montré comment ce théorème trouvait des applications intéressantes dans la théorie des équations aux dérivées partielles.

Soient deux ensembles fermés et bornés F *et* f *entre lesquels existe une homéomorphie telle que, si* x *et* y *sont les points homologues de cette homéomorphie, l'ensemble des vecteurs* $y-x$ *soit compact* ([1]). *Soient* D *et* d *les domaines bornés que* F *et* f *déterminent dans* $\mathcal{E}$. *Le nombre* ([2]) *des domaines* D *est égal à celui domaines* d.

Étendons à tout l'espace $\mathcal{E}$ les champs de définition respectifs des correspondances $y(x)$ et $x(y)$; soient $y=\Phi(x)$ et $x=\Psi(y)$ les transformations obtenues ([3]), qui en général ne sont pas inverses l'une de l'autre. Si D_i et D_j sont deux domaines D, nous avons ([4]), d'après (1),

$$(2)\qquad \delta_{ij}=\sum_{(d)}[\Phi, D_i, d].[\Psi, d, D_j] \qquad (\delta_{ii}=1;\quad \delta_{ij}=0 \text{ si } i\neq j).$$

Considérons m domaines $D: D_1 \ldots D_m$; les domaines d tels qu'on n'ait pas $[\Psi, d, D_j]=0$ pour $j=1, \ldots, m$ sont en nombre au moins égal à m; sinon les relations (2) seraient impossibles : en particulier le nombre total des domaines d ne peut pas être inférieur à celui des domaines D. C. Q. F. D.

4. GÉNÉRALISATION. — On peut étendre cette étude à des espaces abstraits $\mathcal{E}$ non linéaires : il suffit de substituer aux translations les homéomorphies de $\mathcal{E}$. Quelques hypothèses, concernant le groupe de ces homéomorphies, sont nécessaires; nous les expliciterons ultérieurement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application d'un principe général de développement des fonctions d'une variable, aux séries de fonctions de Bessel.* Note de M. **Jean Delsarte**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons indiqué ([5]) une méthode générale de développement des fonctions de variable réelle en série de fonctions entières, et nous en

---

([1]) Du paragraphe 2 résulte que les points intérieurs de F et f sont homologues, de même que ceux de leurs points frontières qui sont limites de points intérieurs, de même que ceux de leurs points frontières qui ne sont pas limites de points intérieurs.

([2]) Ce nombre est fini ou infini. On peut même établir que l'ensemble des domaines D et celui des domaines d sont simultanément dénombrables.

([3]) Les quantités $[\Phi, D, d]$ et $[\Psi, d, D]$ sont indépendantes de la façon particulière dont on a étendu les champs de définition des correspondances $y(x)$ et $x(y)$ pour définir les transformations $\Phi(x)$ et $\Psi(y)$.

([4]) En effet, $\Psi\Phi(x)$ se confond avec l'identité sur F; or, deux transformations définies sur un même ensemble $\overline{\omega}$ et identiques sur ω' ont même degré en tout point.

([5]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 625.

avons donné une application au développement des fonctions moyenne-périodiques d'une variable en série d'exponentielles. Nous exposons ici l'application de ce procédé aux séries de fonctions de Bessel; les développements obtenus comprennent comme cas particuliers ceux de Fourier-Bessel et de Dini; ils jouent un rôle essentiel dans la théorie des fonctions de deux variables, moyenne-périodiques par rapport à un noyau révolutif. Nous reprenons nos notations antérieures. La classe (A) est la classe des fonctions de la variable réelle x, à variation bornée dans l'intervalle (o, R). La classe (B) est formée des fonctions de (A) admettant une dérivée première et une dérivée seconde, la dérivée première étant nulle pour $x=0$; la classe (C) est formée des fonctions de (B) qui sont nulles pour $x=0$; enfin, l'opérateur D est défini par

$$D[f(x)]=\frac{d^2f}{dx^2}+\frac{1}{x}\frac{df}{dx};$$

la fonction génératrice est la fonction de Basset d'indice o (¹)

$$I_0(z)=1+\frac{z^2}{2^2.(1!)^2}+\frac{z^4}{2^4.(2!)^2}+\ldots.$$

On a alors $D[I_0(\lambda x)]=\lambda^2 I_0(\lambda x)$, et la fonction $[I_0(\lambda x)-I_0(\mu x)]/[\lambda^2-\mu^2]$ appartient bien à la classe (C). L'équation $D[g(x)]=\lambda^2 g(x)+f(x)$ devient ici

$$\frac{d^2g}{dx^2}+\frac{1}{x}\frac{dg}{dx}-\lambda^2 g(x)=f(x).$$

Elle a, quelle que soit $f(x)$ de (A), une solution dans (C) donnée par a formule

$$g(x)=\int_0^x [K_0(\lambda u)\,I_0(\lambda x)-K_0(\lambda x)\,I_0(\lambda u)]\,u\,f(u)\,du.$$

Introduisons maintenant la fonctionnelle linéaire définie dans (A)

$$\delta f=\int_0^R \xi\,K(\xi)\,f(\xi)\,d\xi,$$

où le noyau $K(\xi)$ est à variation bornée dans (o, R) et satisfait à un certain nombre de conditions subsidiaires qui seront précisées ailleurs. La

(¹) Nous employons les dénominations et les notations du grand traité de WATSON, *Theory of Bessel functions*, Cambridge, 1922.

fonction entière

$$A(\lambda) = \int_0^R \xi\, K(\xi)\, I_0(\lambda\xi)\, d\xi$$

est une fonction paire de λ admettant une infinité de zéros dont les arguments s'accumulent autour des valeurs $\pm\pi/2$; nous désignerons par

$$\lambda_1,\quad \lambda_2,\quad \lambda_3,\quad \ldots,\quad \lambda_n,\quad \ldots$$

la suite de ces zéros, de partie imaginaire positive ou nulle, rangés par suite de modules croissants. Si l'on pose

$$l_\lambda[f(\xi)] = \delta\left[\int_0^\xi [K_0(\lambda u)\, I_0(\lambda\xi) - K_0(\lambda\xi)\, I_0(\lambda u)]\, u\, f(u)\, du\right];$$

on est amené à former, selon la méthode indiquée, la série

$$(1)\qquad \sum_n \frac{2\lambda_n}{A'(\lambda_n)}\, l_{\lambda_n}[f(\xi)]\, I_0(\lambda_n x),$$

et l'on démontre le théorème suivant :

Pour toute fonction $f(x)$ de la classe (A), *vérifiant la condition* $\delta f = 0$, *la série* (1) *est convergente et a pour somme* $1/2[f(x+0)+f(x-0)]$ *dans l'intervalle* (0, R).

On retrouve les séries de Fourier-Bessel d'indice zéro en prenant $K(\xi) = 1$.

Il serait très facile d'étendre le résultat précédent aux fonctions de Bessel d'indice quelconque; le cas de l'indice $(p-2)/2$, p étant entier, se rencontre d'ailleurs de lui-même dans la théorie des fonctions moyenne-périodiques de p variables, à noyau révolutif.

On pourrait aussi prendre comme opérateur D un opérateur différentiel d'ordre supérieur convenablement choisi.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le champ électromagnétique de l'électron de Dirac.* Note [1] de M. K. **Nikolsky**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous nous proposons de montrer dans cette Note que la théorie de Dirac permet de retrouver le système des équations non linéaires de l'électrodynamique de Born et Infield [2].

---

[1] Séance du 18 mars 1935.

[2] *Proc. Roy. Soc.* (A), London, 144, 1934, p. 425.

Suivant M. L. de Broglie [1] l'intégrale invariante de la théorie de Dirac

$$S = -m_0 c \int^t dt \iiint_{-\infty}^{+\infty} \Omega_1 \, dx \, dy \, dz; \qquad \Omega_1 = \overline{\psi} \alpha_4 \psi$$

n'est pas autre chose (à une constante près) que l'intégrale d'action

$$S = \int^t m_0 c \sqrt{1 - \beta^2} \, dt, \qquad \beta = \frac{v}{c}$$

du point matériel dans la dynamique de relativité.

Il est possible de trouver six combinaisons quadratiques de quatre fonctions de Dirac ψ, $\overline{\psi}$, qui se transforment lors des changements de coordonnées comme les composantes d'un tenseur antisymétrique du second ordre.

Les composantes sont

$$\begin{aligned} I_x &= i\overline{\psi}\alpha_2\alpha_3\alpha_4\psi, & I_y &= i\overline{\psi}\alpha_3\alpha_1\alpha_4\psi, & I_z &= i\overline{\psi}\alpha_1\alpha_2\alpha_4\psi, \\ \mathcal{J}_x &= i\overline{\psi}\alpha_1\alpha_4\psi, & \mathcal{J}_y &= i\overline{\psi}\alpha_2\alpha_4\psi, & \mathcal{J}_z &= i\overline{\psi}\alpha_3\alpha_4\psi. \end{aligned}$$

A l'aide des six quantités I, $\mathcal{J}$, on peut constituer les relations

$$I^2 - J^2 = \Omega_1^2 - \Omega_2^2, \qquad \Omega_2 = \overline{\psi}\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4\psi.$$

C'est un invariant.

On trouve

$$\Omega_1 = \Omega_2 \sqrt{1 + \frac{1}{\Omega_2^2}(I^2 - J^2)}.$$

Nous voyons aussitôt que S peut s'écrire

$$S = \int_0^t dt \iiint_{-\infty}^{+\infty} \Omega_2 \sqrt{1 + \frac{1}{\Omega_2^2}(I^2 - J^2)} \, dx \, dy \, dz.$$

Le principe variationnel

$$\delta S = 0$$

ou

$$\delta \int (\Omega_1 - \Omega_2) \, d\tau = 0$$

est équivalent aux équations de l'électrodynamique non linéaire de Born et Infeld.

---

[1] *L'électron magnétique*, Paris, 1934, p. 224

On peut donc considérer, pour l'électron de Dirac, l'intégrale d'action S comme l'intégrale d'action du point matériel. D'autre part, l'intégrale d'action pour l'électron de Dirac est l'intégrale d'action de l'électrodynamique non linéaire.

C'est là un nouvel aspect de la nature dualistique de l'électron quantique.

Remarquons encore que la fonction hamiltonienne de Dirac peut être écrite comme suit :

$$\bar{\psi}\mathrm{H}\psi = \sum_{k=1}^{3}\left\{ i\bar{\psi}\alpha_k \frac{\partial\psi}{\partial x_k^*} + \bar{\psi}\alpha_k\psi\varphi'_k \right\} + \frac{\bar{\psi}\alpha_4\psi}{d_0},$$

où l'on a

$$x^* = \frac{e^2}{\hbar c}x \qquad \text{et} \qquad d_0 = \frac{e^2}{mc^2}.$$

Nous obtenons donc que, dans la théorie de Dirac, nous avons seulement deux constantes

$$\frac{e^2}{\hbar c} \qquad \text{et le rayon de l'électron} \qquad d_0 = \frac{e^2}{mc^2}.$$

Il reste, pour compléter le schéma canonique, à adjoindre aux équations électrodynamiques les relations canoniques de commutabilité ([1]) pour les formes bilinéaires de ψ.

ÉLECTRICITÉ. — *Considérations sur le dégagement d'électricité par torsion du quartz*. Note de M. **Edgar-Pierre Tawil**, présentée par M. Charles Fabry.

Communiquant, en 1928 ([2]), ma découverte du dégagement d'électricité par torsion du quartz et les lois qui régissent le phénomène, je proposais d'appeler ce phénomène stréphoélectricité, ajoutant : il est évident qu'il est distinct de la piézoélectricité. Je ne crois pas inutile d'exposer ici les raisons qui m'ont porté à formuler cette opinion.

On sait que, si l'on comprime successivement les trois axes binaires d'un prisme naturel de quartz, on constate des dégagements dont les polarités

---

([1]) Voir une Note de M. Louis de Broglie, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1377.

([2]) *Comptes rendus*, **187**, 1928, p. 1042. C'est donc à tort que MM. Ny Tse Ze et Ling Chao s'attribuent la paternité de ces lois. Celles qu'ils ont publiées 6 ans plus tard ici (**198**, 1934, p. 2395), reproduisaient littéralement des phrases entières de mon texte.

sont alternativement positives et négatives. Une armature qui ceinturerait le cristal ne décelerait aucune charge, quelles que soient les pressions exercées sur un ou plusieurs axes, puisque les électricités de signes contraires et de valeurs rigoureusement égales se neutraliseraient. Si l'on comprime, non plus successivement, mais simultanément les trois axes, on constate, ce qui était à prévoir, qu'aucun dégagement ne se produit, à condition toutefois que les pressions n'intéressent pas un axe plus qu'un autre.

Soumettons, par contre, ce même cristal à une torsion autour de son axe optique; nous observerons un dégagement de même signe sur toute sa surface latérale, le signe opposé se manifestant sur les deux bases ou sur la surface interne si le cristal a été percé de part en part suivant l'axe optique, ainsi que je l'indiquais dans ma Note de 1928.

Aucune relation directe n'apparaît jusqu'ici entre les deux phénomènes. Elle n'existerait que si l'on consentait à imaginer des pressions exercées dans des conditions différentes de celles pratiquées en piézoélectricité.

En effet, puisqu'une pression sur un axe provoque un dégagement positif à une extrémité de cet axe et un dégagement négatif à l'autre extrémité, il suffira, pour charger du même signe deux faces normales à cet axe, d'exercer une pression positive à partir d'une face jusqu'au milieu du cristal et une pression négative sur la portion restante. En répétant la même opération, et dans le sens convenable, sur les deux autres axes, on obtiendra le dégagement caractéristique de la stréphoélectricité. On peut, à la rigueur, simplifier l'opération et n'exercer, par exemple, que des pressions positives sur trois extrémités alternes des axes, c'est-à-dire en trois directions à 120° autour de l'axe optique du cristal, telles qu'on pourrait les réaliser en serrant le cristal dans un mandrin à trois mors. Ces efforts imprimés à un cylindre tendraient à donner à sa section droite une forme trilobée.

Dans cette sorte de pseudosynthèse il conviendrait, pour réaliser l'inversion de polarité qui survient quand on inverse le sens de la torsion, de substituer aux pressions primitives des pressions de signe contraire, ou bien de décaler les premières de 60°, ce qui revient à faire tourner le trilobe du même angle.

Le fait que l'on peut, par des artifices de pressions, produire un dégagement qui s'assimile à celui provoqué par la torsion n'implique pas que les choses se passent ainsi dans la réalité.

Il est difficile de concevoir que la torsion puisse exercer de telles pressions et plus difficile encore d'admettre que, par réciprocité, ces pressions

engendrent une torsion du cristal. On ne saurait, je crois, invoquer l'anisotropie du quartz pour justifier des déformations aussi compliquées. Du reste, la forme géométrique que l'on peut donner au quartz devrait, dans certains cas, masquer ou dénaturer les effets de cette anisotropie. Or, ayant pris soin de pratiquer les expériences de torsion sur des cristaux de formes variées, j'ai pu m'assurer que, quelle que fût la section droite du cristal : hexagonale, circulaire, rectangulaire ou triangulaire, l'allure générale du dégagement n'était pas altérée.

Que déduire jusqu'ici, sinon qu'en l'absence de preuves il existe de fortes présomptions pour dénier à la stréphoélectricité une origine piézoélectrique, peut-être même pour ne pas rattacher à une même déformation l'existence des deux phénomènes. Certes les dégagements d'électricité doivent être imputés à des perturbations dans l'arrangement atomique, mais il n'y a pas que des pressions qui puissent provoquer ces dérangements. La piézoélectricité fait apparaître des charges aux extrémités des axes binaires, la stréphoélectricité les développe autour de l'axe optique. Le premier phénomène se soumet aux conditions de symétrie cristallographique : l'axe optique est un axe ternaire; le second semble tenir compte plus particulièrement de la structure atomique. Tout comme pour la lumière, l'axe optique ne révèle pas la symétrie ternaire, mais accuse par contre le pouvoir rotatoire.

Le fait est que toute trace des axes électriques disparaît, car le dégagement n'est pas plus accusé aux extrémités de ces axes qu'en tel autre point intermédiaire : il est de révolution. Par contre il procède de la structure hélicoïdale du quartz, puisque ses polarités sont liée au sens de la rotation optique. Cette dernière particularité, sur laquelle je ne peux, faute de place, m'appesantir, n'est pas, comme on pourrait le supposer à première vue, l'apanage exclusif de la stréphoélectricité. On sait en effet qu'en piézoélectricité le signe du dégagement par pression sur l'arête de l'hexaèdre qui porte la facette rhombe est négatif. Or c'est la position de cette facette par rapport à une face *p* de la pyramide du quartz qui révèle le sens de la rotation optique. On pourrait voir dans ce concours de circonstances autre chose qu'un simple effet du hasard.

Je ne me fais pas d'illusion sur la fragilité des arguments qui plaident en faveur de l'indépendance de la stréphoélectricité à l'égard de la piézoélectricité, mais ces arguments puisés dans les déformations statiques gagneront à être corroborés par les résultats que m'ont fourni les quartz en vibration.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la force électromotrice produite par l'écoulement de la vapeur d'eau.* Note de M. **Albert Milhoud**, présentée par M. Charles Fabry.

De nouvelles expériences m'ont confirmé la production d'une force électromotrice qui est bien proportionnelle à la pression d'admission, quand la vapeur s'échappe dans une tuyère présentant une section étranglée. J'ai indiqué ([1]) que le phénomène électrique se produit toujours en régime *turbulent;* j'ai employé cette expression par opposition au régime laminaire pour lequel l'effet est inexistant. En fait il s'agit d'un régime *troublé*, qui est nettement tourbillonnaire. J'ai en effet photographié le jet de vapeur s'échappant dans l'atmosphère, au moyen d'un dispositif permettant un éclairage instantané par étincelle d'induction (stroborama). Le jet apparaît sous la forme d'ondes stationnaires déformées par le régime tourbillonnaire de l'écoulement.

J'ai poursuivi mes essais en vue de rechercher les différents facteurs qui ont de l'influence sur la production de la force électromotrice.

Au point de vue de la mécanique des fluides, on se trouve dans le domaine des vitesses d'écoulement supérieures à celles du son dans le fluide. En ce qui concerne la forme de la tuyère j'ai obtenu de bons résultats avec une tuyère ayant un étranglement précédé d'un angle vif. Les expériences que je relate ci-dessous ont été faites avec la même tuyère.

D'autre part la présence des gouttelettes de liquide dans la vapeur est nécessaire, cette dernière n'agissant que pour véhiculer les particules liquides et les soumettre à une violente agitation. L'eau de la chaudière contient des traces d'impuretés, qui sont alors entraînées par primage; des observations faites alors que l'eau contenait des traces de carbonate de soude m'ont conduit à penser que la composition du liquide devait intervenir. Un dispositif, pris en dérivation sur la chaudière, m'a permis de faire passer à volonté dans la tuyère des gouttes très divisées de solutions de composition connue, en pulvérisant le liquide par un ajutage très fin.

J'ai étudié ainsi la force électromotrice pour des solutions aqueuses de diverses concentrations. J'ai observé des modifications importantes de l'effet électrogénique, qui semble dépendre à la fois de la conductivité de la

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1586.

solution, en ce qui concerne la grandeur de la force électromotrice, et de son degré d'acidité *réelle* (c'est-à-dire de la quantité d'ions H^+ réellement présents dans l'unité de volume) en ce qui concerne le sens de la force électromotrice. Les solutions doivent être très diluées; les concentrations supérieures à la solution millinormale produisent des jets trop conducteurs et la tension est alors trop faible pour que l'électromètre dont je me sers puisse la mesurer.

P_c étant la pression critique et p la pression d'échappement, le rapport $E/P_c - p$ de la force électromotrice E à la différence entre la pression critique et la pression d'échappement reste constant. Mais ce rapport diminue en même temps que la conductivité augmente. Comme le montre le relevé suivant, résumant les résultats obtenus, *ce rapport a une variation sensiblement proportionnelle à la résistivité du liquide*.

Variation de la force électromotrice en fonction de la résistivité du liquide entraîné.

Tuyère en cuivre avec entrée en chicane et ajutage cylindrique.
Section minimum 3^{mm^2}.
L'échappement se fait dans l'atmosphère ($p = 1000$ g/cm²).

Solution (0,001 N).	$P_c - p$. en g.cm².	E en volts.	$\frac{E}{P_c - p}$.	$\varkappa$ en mhos/cm.	ρ en ohms/cm.
SO^4Cu...........	180	100	0,56	$0,9.10^{-4}$	$11,1.10^3$
»	460	250	0,54	»	»
NaCl............	300	125	0,42	$1,2.10^{-4}$	$8,4.10^3$
»	480	200	0,41	»	»
NaOH...........	440	100	0,22	$2,1.10^{-4}$	$4,9.10^3$
»	650	150	0,23	»	»

$\varkappa$ est la conductivité, d'après le *Recueil des constantes*, ρ est la résistivité.

L'acidité des solutions intervient pour la polarité. Avec de l'eau seule, le jet est généralement positif. L'introduction dans la vapeur de goutelettes de composition connue, montre *qu'une solution acide donne un jet positif*, *une solution basique un jet négatif*, la tuyère étant toujours de signe contraire. Le phénomène est très net quand, dans un jet positif, on introduit la moindre trace de solution basique, la polarité change et il faut nettoyer longuement la tuyère pour avoir à nouveau un jet positif avec de l'eau seule. Des traces d'huile donnent le même résultat qu'une solution basique.

Toutes les autres conditions étant les mêmes, la force électromotrice mesurée est de l'ordre d'une centaine de volts (au lieu de quelques milliers avec de l'eau seule) quand les gouttes de liquides entraînées par la vapeur contiennent des substances conductrices. Mais il semble que la quantité d'électricité pouvant être débitée soit supérieure; j'ai pu en effet obtenir par intermittence des courants de l'ordre du milliampère, qui rendent lumineuse une lampe au néon branchée entre jet et tuyère, ce qui, sous 100 volts, donne sensiblement la puissance de 0,1 watt mesurée précédemment avec un jet de vapeur ordinaire alimentant un condensateur à décharge de capacité connue.

MAGNÉTISME. — *Remarques sur l'énergétique de deux feuillets placés au sein d'un milieu polarisable.* Note de M. **J. Cayrel**, présentée par M. Paul Janet.

Considérons, tel que nous l'avons envisagé (1), le problème du rapprochement de deux feuillets identiques infiniment éloignés l'un de l'autre, et *supposons que le déplacement du feuillet transporté s'effectue à l'intérieur d'un liquide polarisable de perméabilité* μ.

Remplaçons les feuillets par les distributions superficielles équivalentes (couches doubles) de la théorie de Poisson et imaginons les deux séries S et S′ de transformations ci-après définies :

Série S. — 1° On laisse entrer le liquide à l'intérieur des couches doubles F_1 et F_2 infiniment éloignées l'une de l'autre. La perméabilité de l'espace intérieur aux couches doubles primitivement égale à 1 devient égale à μ. L'énergie (2) du système *au cours du remplissage* varie de δW;

2° On rapproche F_1 de F_2 jusqu'à accoler la face sud de F_1 à la face nord de F_2. Corrélativement les forces magnétiques appliquées à F_1 effectuent un travail $\mathcal{T}$.

Série S′. — 1° On transporte F_1 comme il vient d'être dit, *mais sans laisser pénétrer le liquide à l'intérieur des couches doubles* (3). Le travail accompli est $\mathcal{T}'$;

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 534.

(2) $W = 1/8\pi \int \mu \mathcal{H}^2 \, dv$.

(3) Ce cas correspond *seul* à celui de *feuillets réels* impénétrables au liquide.

2° Une fois que les couches doubles sont accolées on laisse pénétrer le liquide dans F_1 et dans F_2. L'énergie du système varie alors de $\delta W'$.

Puisque *l'état initial* et *l'état final* du système sont respectivement *identiques* pour les deux séries de transformations, on peut écrire

$$\mathcal{T}' - \delta W' = \mathcal{T} - \delta W, \tag{1}$$

$-\delta W$ et $-\delta W'$ étant les *énergies de remplissage* des couches doubles dans les deux cas.

D'autre part le travail $\mathcal{T}$ accompli *lorsque le liquide de perméabilité* μ *remplit l'espace entier* est μ fois plus faible que dans le vide. On a

$$\mathcal{T} = \frac{\mathcal{T}_0}{\mu}. \tag{2}$$

D'autre part, je démontre que l'on a

$$-\delta W + \delta W' = \mathcal{T}_0\left(\mu - \frac{1}{\mu}\right);$$

d'où, en tenant compte des relations (1) et (2),

$$\mathcal{T}' = \mu\mathcal{T}_0. \tag{6}$$

Le travail des forces magnétiques au sein du liquide est μ fois plus grand que dans le vide. Les forces sont donc elles-mêmes *multipliées* par μ *comme dans le cas de deux courants*. On retrouve par un calcul élémentaire la règle de Chipart concernant les feuillets.

SPECTROSCOPIE. — *Analyse spectrographique quantitative des métaux alcalins. Application au cæsium dans les eaux minérales.* Note de M. **Robert Bossuet**.

Afin de déterminer la teneur en métaux alcalins des eaux minérales, nous avons adopté une méthode qui consiste à photographier, au moyen d'un spectrographe, une flamme oxyacétylénique dans laquelle on volatilise quantitativement les sels contenus dans la liqueur.

En notant, pour une concentration donnée, la limite de disparition des raies ultimes, nous appliquons en réalité une méthode photométrique de grande sensibilité, au moins aussi précise que les techniques fondées sur la mesure directe du noircissement de la plaque. De plus, la substance étant progressivement et entièrement volatilisée par la flamme suivant un pro-

cédé publié antérieurement [1], l'émission lumineuse est très régulière. La flamme oxyacétylénique, beaucoup plus facile à régler qu'un arc ou qu'une étincelle, permet d'obtenir une image fixe, de dimensions semblables d'une expérience à l'autre, et dans un rapport constant avec la surface de la fente.

Toutes ces raisons nous ont permis d'obtenir, par une méthode assez rapide, des résultats quantitatifs approchés à 5 pour 100 environ dans la recherche du cæsium contenu à l'état de traces dans les eaux minérales. La difficulté de réaliser cette opération par voie chimique nous a amené à instituer une telle méthode.

Le mode expérimental suivi consiste à prélever 1/40ᵉ de centimètre cube d'une liqueur obtenue en concentrant l'eau minérale ou en dissolvant les chlorures alcalins préalablement séparés. On photographie ensuite le spectre d'émission provenant de la volatilisation totale du résidu de cette fraction de liquide. Le même essai, renouvelé sur des liqueurs de dilutions croissantes, permet de déterminer la limite de disparition de la raie ultime du cæsium λ 4555,3 U. Les photographies se font sur le même cliché en adoptant une fois pour toutes des conditions expérimentales identiques à celles dans lesquelles on a préalablement, et par la même méthode, étudié des liqueurs synthétiques.

Sources minérales.	Teneurs en milligrammes de CsCl par litre.
	mg
Bourbonne (source nº 13)	2,00
Maizières (source Romaine)	1,90
Pechelbronn (source thermale)	1,50
La Bourboule (source Choussy)	0,90
Vichy (source Grande-Grille)	0,35
Vichy (source Chomel)	0,35
Santenay (source Lithium)	0,35
Royat (source Saint-Mart)	0,28
Moyeuvre (source Pérotin)	0,18
Mont-Dore (source Madeleine)	0,12

Pour éviter de tenir compte des perturbations spectrales [2] qui peuvent provenir de la présence des autres métaux dans la flamme, les liqueurs

---

(1) Bossuet, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 469.
(2) Gooch and Phinney, *Am. J. Sc.*, 3ᵉ série, **44**, 1892, p. 392.

synthétiques contenaient ces derniers dans des proportions sensiblement équivalentes à celles des eaux minérales.

Les résultats que nous avons obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessus.

Les nombres que nous avons trouvés pour le cæsium dans l'eau de Bourbonne sont très inférieurs à ceux donnés par Grandeau [1] (32^{mg} de CsCl par litre).

Cette méthode, qui s'applique aux cinq métaux alcalins, donne également de bons résultats dans le dosage des traces de rubidium, dosage que l'on ne peut réussir facilement par voie chimique.

SPECTROSCOPIE. — *Absorption et fluorescence des vapeurs d'halogénures cuivreux.* Note de M. **Jean Terrien**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Ritschl a étudié en 1927 les bandes d'absorption de la vapeur de chlorure cuivreux et les a classées en cinq systèmes, attribuables à la molécule diatomique CuCl; ces bandes sont dans le visible et se retrouvent, moins nettes, comme bandes d'émission dans le spectre de la flamme. J'ai observé dans l'ultraviolet une absorption continue qu'il faut attribuer aux molécules polymérisées Cu^2Cl^2 : elle apparaît dès 350° (pression $0^{mm},1$ de mercure), température à laquelle la vapeur n'est pas encore dissociée, tandis que les bandes de Ritschl s'observent au-dessus de 1000°, et mieux encore à la température de l'arc électrique. A faible pression ($p = 0^{mm},15$), cette absorption continue commence à $\lambda 2350$, présente un maximum à $\lambda 2230$, décroît, et croît de nouveau de $\lambda 2150$ à la limite de transparence du quartz. Aux pressions plus élevées, l'absorption générale augmente, le minimum voisin de $\lambda 2150$ n'est plus discernable, le commencement recule vers les grandes longueurs d'ondes; sous la pression $p = 20^{mm}$ (750°), toutes les longueurs d'ondes inférieures à $\lambda 3300$ sont absorbées.

2. Si la vapeur est traversée par un faisceau intense de lumière ultraviolette convenable, elle émet une faible fluorescence, dont la teinte passe du bleu vert au bleu lorsqu'on augmente la pression. Son spectre comprend : 1° des bandes à structure qui sont les bandes de Ritschl, avec des intensités un peu différentes, les niveaux vibrationnels de l'état normal étant plus développés qu'en absorption; 2° le doublet de résonance du cuivre

(1) *An. Ch. Ph.*, 3e série 67, 1863, p. 155.

λ3247 — 3274; 3° quelques raies d'arc du cuivre, provenant de niveaux plus élevés, faibles, et variables avec le spectre de la lumière excitatrice (étincelle entre les électrodes de Cd, Zn, Cu ou Al).

L'émission des bandes visibles n'est pas une résonance excitée par les radiations visibles de l'étincelle, car elle cesse (ainsi que l'émission du doublet) si l'on supprime l'ultraviolet, tandis qu'elle persiste si l'on isole les radiations ultraviolettes convenables.

Afin de déterminer quelles radiations sont capables d'exciter la fluorescence, j'envoie dans la vapeur des faisceaux monochromatiques disposés verticalement par un prisme de quartz et j'observe leur parcours : le phénomène, à peine visible, est net sur une photographie posée une heure, sur sur une plaque sensibilisée par un léger voile, avec un objectif achromatique quartz-eau qui recueille aussi l'émission ultraviolette. Sont actives toutes les radiations intenses de longueur d'onde inférieure à λ2400 environ.

Le bromure cuivreux donne des résultats analogues. L'absorption ultraviolette continue s'étend depuis les plus courtes longueurs d'ondes transmissibles par le quartz sur une région d'autant plus étendue que la pression est plus forte; aux faibles pressions, on distingue un maximum d'absorption à λ 2300, et une transparence relative à λ 2230. La fluorescence peut être excitée par les mêmes radiations; elle passe du bleu vert à l'indigo lorsqu'on augmente la pression de la vapeur. Au spectrographe, on obtient les trois types d'émission trouvés pour Cu Cl.

3. Pour les deux sels, si l'absorption semble se séparer en deux régions, l'excitation dans l'une et dans l'autre ne donne que de faibles différences dans la répartition des intensités dans le spectre de fluorescence.

Les résultats expérimentaux sont encore insuffisants pour permettre une interprétation; l'examen du bilan énergétique permet seulement de rejeter quelques hypothèses qui auraient pu paraître naturelles. Nous avons vérifié par une expérience directe que l'intensité émise est proportionnelle à la première puissance de l'intensité excitatrice : les états excités sont donc atteints par l'absorption d'un seul quantum de courte longueur d'onde. L'énergie acquise par une molécule Cu^2Cl^2 qui absorbe un quantum λ 2200 est 5,5 volts-électron, elle est insuffisante pour dissocier cette molécule en deux molécules Cu Cl et exciter l'une d'elles : il faudrait, si l'on admet les données thermochimiques et optiques actuelles, $3,3 + 3 = 6,3$ volts. La même énergie, acquise par une molécule Cu Cl libérée par dissociation thermique (ces molécules doivent être rares), est insuffisante pour la dissocier et exciter l'atome de cuivre à l'état $2\,^2P$: il faudrait $3 + 3,8 = 6,8$ volts.

Quant à l'émission faible de certaines raies atomiques du cuivre (autres que le doublet de résonance), elle pourrait être due à une résonance optique, les quelques atomes de cuivre libres ayant dans la vapeur des raies d'absorption assez élargies pour absorber des raies de l'étincelle excitatrice très voisines; on expliquerait ainsi que les variations de ce spectre dépendent surtout de l'étincelle excitatrice; les états excités atteints par l'atome de cuivre sont d'ailleurs beaucoup trop élevés pour être des produits de la dissociation optique de Cu Cl par les longueurs d'onde employées. Une explication analogue a été adoptée par d'autres auteurs à la suite d'expériences portant sur les halogénures de thallium, qui présentent des phénomènes semblables.

OPTIQUE VISUELLE. — *Répartition de la lumière dans l'image rétinienne d'un point éloigné.* Note de M. **Charles Lapicque**, présentée par M. Charles Fabry.

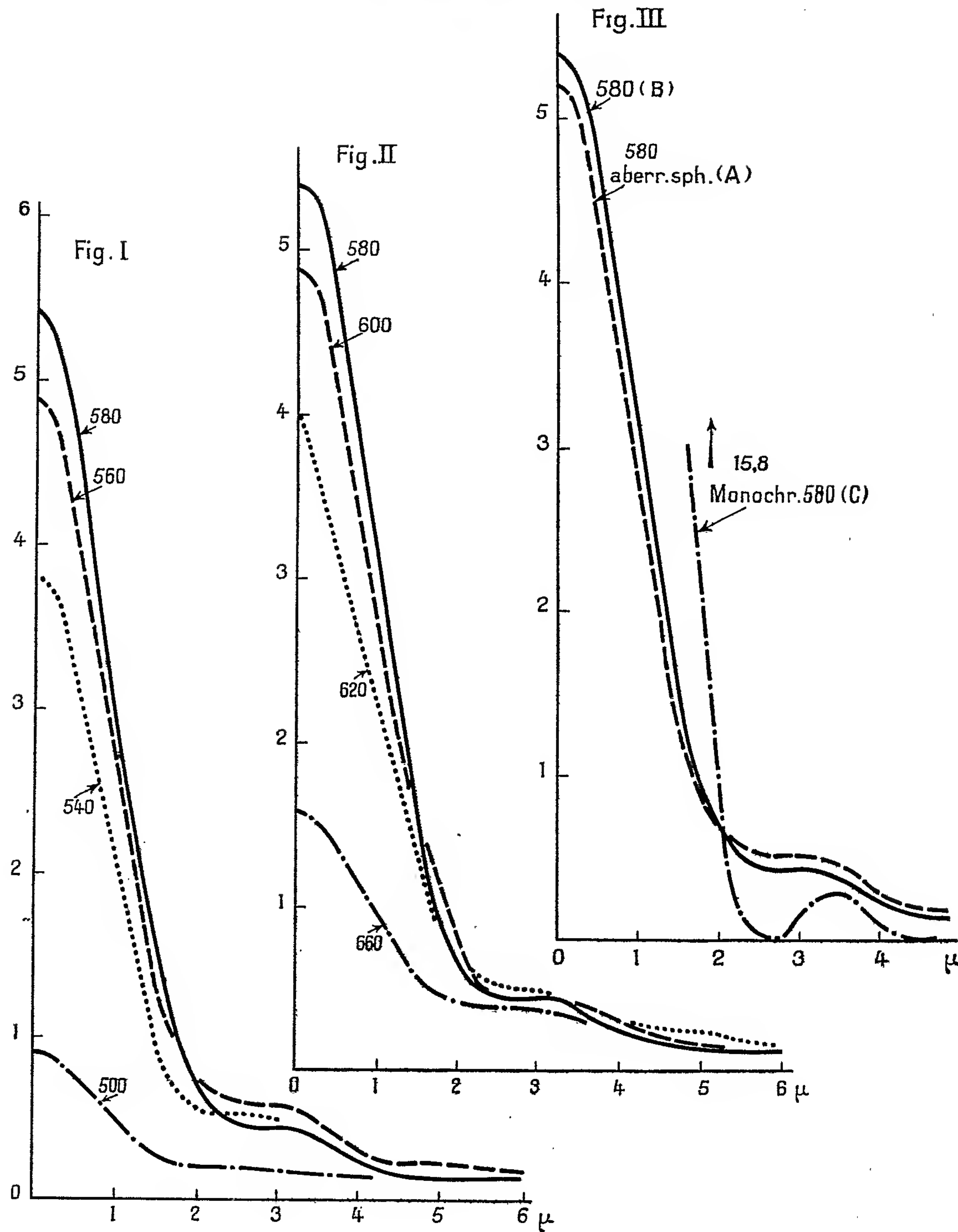
1. La répartition de la lumière dans une image ne peut être connue que par des méthodes établissant une liaison parfaite entre l'optique physique et l'optique géométrique.

De telles méthodes, permettant le calcul pratique de la diffraction à travers un instrument entaché d'aberrations, ont été édifiées et exposées notamment par Conrady (1), Buxton (2), Martin (3) et H. Chrétien (4). J'ai entrepris de les appliquer à l'étude des images rétiniennes, étude qui avait été faite antérieurement par M. Polack (5), mais en tenant compte incomplètement de la diffraction. L'image étudiée ici est celle donnée par l'œil, d'un point lumineux à l'infini, près de l'axe, émettant une lumière de puissance répartie uniformément dans le spectre en fonction de la longueur d'onde (lumière blanche peu différente de celle du Soleil). La pupille est de 4^{mm} de diamètre. Les calculs seront développés par ailleurs.

L'aberration chromatique est d'abord considérée seule (6). L'œil ne peut être au point que pour une seule longueur d'onde de la lumière inci-

---

(1) *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.*, 79, 1919, p. 575.
(2) *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.*, 81, 1921, p. 547.
(3) *Applied Optics*, I, p. 125.
(4) *Calcul des combinaisons optiques*, p. 1158.
(5) *Recherches et Inventions*, n° 32, 1922, p. 350.
(6) Sa valeur est prise dans A. Polack, *Bull. Soc. Ophtalm.*, n° 9 *bis*, 1923, p. 498.


Fig. I
580
560
540
500
0
1
2
3
4
5
6
1
2
3
4
5
6 μ
Fig. II
580
600
620
660
1
2
3
4
5
0
1
2
3
4
5
6 μ
Fig. III
580 (B)
580
aberr. sph. (A)
15,8
Monochr. 580 (C)
1
2
3
4
5
0
1
2
3
4
μ

dente, que nous appellerons « longueur d'onde d'accommodation ». Les figures I et II montrent le résultat pour diverses longueurs d'onde d'accommodation en mμ. L'abscisse est la distance en μ, comptée sur la rétine à partir du centre de l'image; l'ordonnée est, en unités arbitraires, l'éclairement de la rétine compte tenu du facteur de visibilité des diverses radiations. Toutes les courbes sont établies pour une même intensité totale pénétrant dans l'œil. La longueur d'onde d'accommodation la plus avantageuse paraît être $580^{m\mu}$; or c'est bien approximativement celle sur laquelle l'œil accommode, d'après les observations de M. Polack [1].

3. Je me suis assuré de l'action de l'aberration sphérique en utilisant les mesures de Ames et Proctor [2]. La figure III montre, pour la longueur d'onde d'accommodation $580^{m\mu}$, la comparaison entre les répartitions avec aberration chromatique et sphérique (courbe A) et chromatique seule (courbe B). Les deux courbes ont une brisure à l'endroit où le disque de diffraction pour une lumière monochromatique de $580^{m\mu}$ (courbe C) présente son premier minimum nul. Cela montre le mécanisme par lequel les aberrations ne déplacent pas les contours, mais diminuent le contraste des petits objets avec le fond.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application des conductibilités électriques à l'étude des séparations dans les verres fondus.* Note [3] de M. **Marc Antoine Foëx**, présentée par M. Georges Urbain.

Les études de séparation dans les verres fondus peuvent être effectuées, soit pour une composition donnée, en faisant varier la température, soit en modifiant la composition, à température constante.

Le procédé utilisé précédemment [4] est discontinu, parce que pour chaque variation de température ou modification de composition, il faut tremper la perle de verre ou le creuset utilisé, pour se rendre compte des séparations qui se sont produites à haute température.

Les variations de conductibilité électrique permettent d'étudier, d'une manière continue, les précipitations solides ou les séparations de liquides, au sein des solutions à températures élevées.

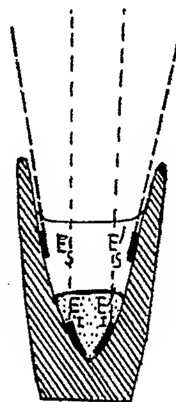
---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 488.
(2) *Journ. of Optical Soc. of America*, 5, 1921, p. 22
(3) Séance du 18 mars 1935.
(4) M. Billy et M. A. Foëx, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 57.

Appareillage (*fig.* 1). — Dans un creuset (terre réfractaire, porcelaine ou biscuit), on place deux paires d'électrodes à des niveaux différents, disposées à des hauteurs telles, que pour des bains comportant deux couches liquides, une des paires au moins se trouve baignée par un seul des liquides. Les électrodes sont de platine. En présence d'oxyde de plomb elles sont de nickel (dans ce dernier cas on travaille dans un courant d'azote).

Les conductibilités sont mesurées au moyen du montage de Kohlrausch, en mettant en circuit à l'aide d'un inverseur, un couple d'électrodes ou l'autre.

I. *Étude des solutions boro-calciques à* 1100° (*fig.* 2). — Soient (I) et (S) les courbes représentant les variations des logarithmes de nombres propor-


Fig. 1.

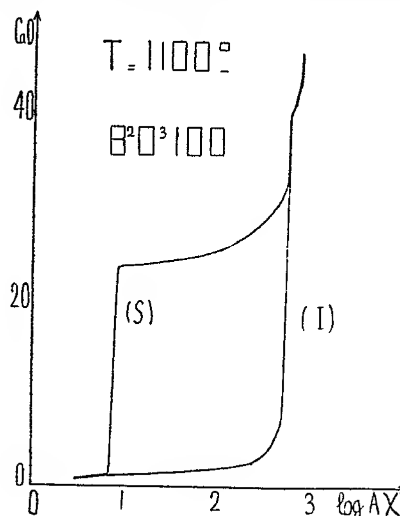


Fig. 2.

tionnels aux conductibilités X (aux parties inférieures et supérieures du bain) en fonction du nombre de molécules de CaO pour 100^{mol} de B^2O^3.

Jusque vers 1^{mol},2 de CaO les deux courbes se confondent (liquide homogène); puis elles se séparent (deux couches liquides). La conductibilité (I) augmente rapidement, puis se stabilise (les électrodes E_I, E'_I étant couvertes par la couche inférieure riche en chaux). La conductibilité (S) est d'abord stable, puis augmente rapidement (les électrodes E_S, E'_S étant submergées par la solution inférieure).

La quantité de chaux augmentant encore, la conductibilité (S) se stabilise en rejoignant la conductibilité (I) (la couche supérieure n'ayant pas encore disparu). Enfin vers 39^{mol} de CaO, les conductibilités (I) et (S) qui sont égales, augmentent (le liquide devenu homogène s'enrichit en CaO).

Le bain est agité après chaque addition de chaux. Les résultats obtenus sont semblables à ceux trouvés par Guerther ([1]).

II. 1° *Étude des séparations d'oxyde tungstique de leur solution dans l'oxyde borique par addition d'oxyde de plomb* (1100°) (*fig.* 3).

Nous partons de la solution initiale B^2O^3 100^{mol}, WO^3 10^{mol}. Par addition

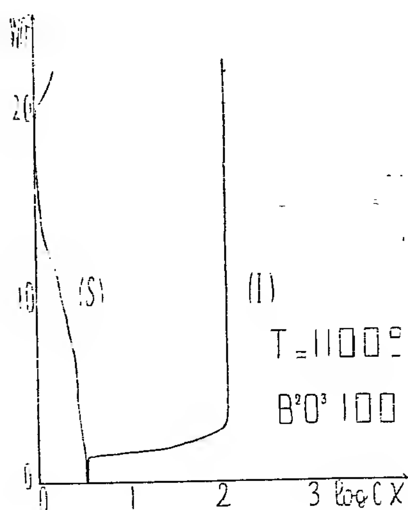


Fig. 3.

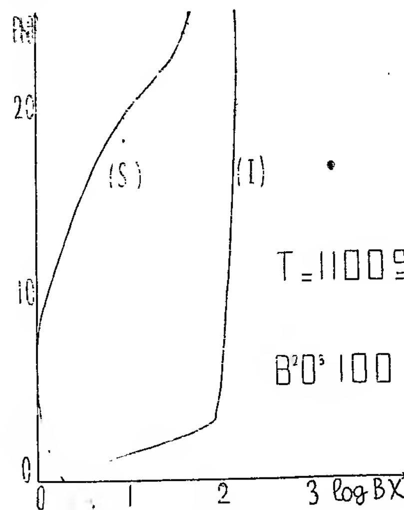


Fig. 4.

progressive d'oxyde de plomb et jusque pour 5^{mol}PbO, la conductibilité (S) baisse. La condutibilité (I) augmente rapidement avec la teneur en PbO, puis se stabilise.

Pour un excès de PbO de l'ordre de 50^{mol}, les conductibilités (I) et (S) se rejoignent (homogénéisation du bain).

2° *Étude des séparations d'oxyde de plomb de leur solution dans l'oxyde borique par addition d'oxyde tungstique* (1100°) (*fig.* 4).

Nous partons de la solution initiale B^2O^3 100^{mol}, PbO 10^{mol}. Par addition progressive d'oxyde tungstique et jusque pour 20^{mol} WO^3 environ, la conductibilité (S) baisse. La conductibilité (I) augmente beaucoup avec la teneur en WO^3, mais se stabilise vite.

La séparation d'oxyde de plomb de la solution borique primitive, très importante déjà pour WO^3 10^{mol} est à peu près quantitative pour WO^3 20^{mol}.

Dans les deux cas (1 et 2) l'oxyde tungstique et l'oxyde de plomb forment à 1100°, au fond du creuset, un liquide contenant une certaine quantité

([1]) Guertler, *Zeit. für anorg. Chem.*, 40, 1904, p. 225 et 337.

d'oxyde borique. Les études faites à 950° montrent la séparation de précipités solides.

Il faut, en agitant, dissoudre rapidement PbO pour diminuer les pertes par volatilisation, et réduire au minimum la durée des opérations pour éviter les attaques trop notables du creuset.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relations entre les propriétés optiques du milieu et les constantes photochimiques du tétraphénylrubène. Influence propre de la nature chimique de divers solvants.* Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Marius Badoche**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant déterminé (1) les particularités du pouvoir absorbant du tétraphénylrubène, nous en avons recherché les répercussions sur l'oxydabilité photochimique.

Des solutions de mêmes concentrations, dans divers solvants, étaient exposées de manière uniforme au rayonnement total d'une source de lumière blanche (soleil ou arc électrique). On comparait les vitesses d'oxydation, soit par les temps nécessaires à décolorer les liqueurs, soit par les abaissements des concentrations au bout du même temps.

Le Tableau I donne les coefficients trouvés pour divers solvants, par irradiation à la lumière artificielle (arc au charbon), la vitesse en benzène étant prise pour unité, et les concentrations étant de l'ordre de 1/10000e.

Tableau I. — *Solvants purs.*

Solvant.	Premier maximum d'absorption.	Fluorescence.	Vitesses relatives d'oxydation.
Sulfure de carbone	5375 Å	orangée	9
Chloroforme	5300	jaune orangé	3
Iodure d'éthyle	5300	»	1
Benzène	5300	jaune	1
Acétone	5250	jaune vert	1
Éther	5225	»	0,50
Anisol	5300	jaune orangé	0,40
Pyridine	5325	»	0,25
Nitrobenzène	5350	non fluorescent	0,10

On remarque des écarts considérables, puisque l'oxygène se combine

(1) Charles Dufraisse et Marius Badoche, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 929.

jusqu'à près de 100 fois plus vite dans le sulfure de carbone que dans le nitrobenzène.

La première idée qui vient à l'esprit est de rattacher ces différences d'activité des solvants, pour une même lumière, aux différences de position des spectres, établies dans notre précédente note.

En gros, la vitesse est d'autant plus grande que le spectre est plus déporté vers le rouge, comme le montre la deuxième colonne du tableau, où sont consignées les positions des premiers maxima. Le phénomène pourrait dès lors s'expliquer par la forme des courbes d'émission des sources lumineuses : en se déplaçant vers le rouge, le spectre d'absorption gagnerait les régions de plus grande intensité d'énergie émise; d'où résulterait, pour le même rayonnement, un accroissement de l'absorption globale. De plus, à intensités égales, la lumière de moindre fréquence apporte plus de quanta et se montre ainsi plus efficace.

Un effet de ce genre intervient sans doute, surtout pour la lumière artificielle dont le maximum d'émission est loin du violet. Toutefois, il est déjà douteux pour la lumière solaire, qui émet son maximum dans la région 4800 Å, c'est-à-dire au delà des deux plus fortes bandes d'absorption du rubène dont les crêtes se trouvent à 4950 et 5300 Å (en benzène). Comme, d'après des expériences en cours, les quanta correspondant à ces bandes sont efficaces, on ne gagne sûrement pas d'intensité utile en déplaçant l'ensemble à l'opposé du maximum d'émission, malgré le léger gain réalisé du côté violet du spectre.

D'ailleurs, manifestement insuffisante pour justifier l'exceptionnelle activité du sulfure de carbone à la lumière solaire, l'explication tombe complètement pour l'anisol, la pyridine et surtout le nitrobenzène.

En ce qui concerne ce dernier, son pouvoir retardateur élevé doit être rapporté à son effet extincteur sur la fluorescence.

Quant aux autres solvants, leur influence propre doit être principalement d'ordre chimique, soit qu'ils exercent une action antioxygène plus ou moins intense (1), soit encore, suivant une remarque de Gaffron (2), qu'ils jouent le rôle d'accepteurs d'oxygène en réduisant l'oxyrubène à une cadence plus ou moins rapide.

---

(1) Pour des observations d'effets antioxygènes, voir Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et C. L. Butler, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 101; Bowen et Steadman, *Chem. Soc.*, 1934, p. 1098.

(2) Gaffron, *Biochem. Zeitschr.*, 264, 1933, p. 251.

De toute façon, il est indispensable, dans ce genre d'expériences, de vérifier que c'est bien l'oxyde dissociable qui se forme. Aussi avons-nous pris soin d'effectuer cette vérification principalement dans les deux cas extrêmes : celui du sulfure de carbone et celui du nitrobenzène.

Il restait enfin à examiner l'influence des mélanges de solvants. On voit sur le tableau II (irradiation à l'arc au charbon) que l'activité positive du sulfure de carbone est fortement diminuée par la présence d'éther, tandis, au contraire, que l'activité négative du nitrobenzène ne baisse pas par dilution.

TABLEAU II. — *Mélanges de deux solvants.*

Solvants.	pour 100.	Premier maximum d'absorption.	Fluorescence.	Vitesses relatives d'oxydation.
CS^2	75	5325 Å	jaune orangé	2
Éther	25			
Benzène		5300	»	1
CS^2	50	5300	»	1
Éther	50			
CS^2	25	5275	»	1
Éther	75			
$C^6H^5NO^2$	25	5275	non fluorescent	0,08
Acétone	75			
$C^6H^5NO^2$	50	5300	»	0,06
Acétone	50			
$C^6H^5NO^2$	75	5325	»	0,05
Acétone	25			

CHIMIE PHYSIQUE. — *Rôle de l'évaporation dans le phénomène d'imbibition présenté par les corps poreux.* Note de Mlle **PAULETTE BERTHIER**, présentée par M. Marcel Delépine.

1. Au cours de ses recherches sur le phénomène de l'imbibition dans les corps poreux (papier spongieux), Decharme [1] a signalé qu'un grand nombre de solutions (d'acides, de bases et de sels) s'élèvent plus vite que l'eau et atteignent une hauteur limite supérieure à celle qu'on obtient avec l'eau pure dans les mêmes conditions, sans donner aucune interprétation de ces résultats.

2. En opérant dans des conditions où aucune évaporation ne peut se

[1] *Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e série, 29, 1873, p. 415, et 5e série, 3, 1874, p. 417.

produire, c'est-à-dire dans une atmosphère saturée d'humidité et en utilisant des bandes de papier à filtrer ayant séjourné préalablement dans la même atmosphère, nous n'avons pas retrouvé les anomalies signalées par Decharme : d'une part, avec les longueurs des bandes de papier à filtrer utilisées (38^{cm}), il ne se produit pas de limite dans l'ascension, l'eau pure et les solutions atteignant la partie supérieure des bandes; d'autre part l'eau s'élève toujours plus vite que les solutions, la vitesse étant d'autant plus faible que la viscosité de la solution est plus grande.

Nous avons retrouvé les résultats de Decharme en effectuant les expériences sans précautions spéciales dans l'atmosphère du laboratoire (état hygrométrique voisin de 0,55) avec une variété de papier à filtrer très mince (papier Durieux, marque Super, de masse superficielle $6^{mg},39$ par centimètre carré).

3. Pour obtenir plus de régularité dans les expériences d'ascension, nous les avons effectuées dans une atmosphère limitée (grand bac d'accumulateurs en verre), en présence d'une substance desséchante (Cl^2Ca ou ponce sulfurique).

A partir d'un certain niveau, les hauteurs atteintes à un instant donné, qui, en atmosphère saturée d'humidité, vont en diminuant lorsque la concentration augmente, croissent au contraire avec la concentration malgré l'influence ralentissante de la viscosité. Il semble légitime d'admettre que la vitesse d'ascension s'annule lorsque, par suite de l'évaporation, l'apport de liquide par imbibition à la tranche supérieure est compensé par la perte due à l'évaporation dans la même tranche. Dans ces conditions, la hauteur limite atteinte sera d'autant plus grande que l'évaporation est moins active, c'est-à-dire que la tension maxima de la solution est plus faible et que cette solution est plus concentrée.

4. Ayant observé la hauteur limite H_0 atteinte par l'eau en atmosphère desséchée, nous avons, sur les courbes d'ascension relatives aux expériences en atmosphère humide, relevé les valeurs H_1, H_2, H_3, inférieures à H_0, qu'atteignent les hauteurs d'ascension relatives aux solutions de concentrations c_1, c_2, c_3, lorsque la hauteur d'ascension de l'eau dans les mêmes conditions a la valeur H_0. Les hauteurs limites atteintes par les solutions en atmosphère desséchée étant respectivement H'_1, H'_2, H'_3, les écarts : $\mathcal{E}_1 = H'_1 - H_1$, $\mathcal{E}_2 = H'_2 - H_2$, $\mathcal{E}_3 = H'_3 - H_3$, mesurent l'influence exercée sur le phénomène par le dessèchement de l'atmosphère où se produit l'ascension. Ces écarts sont d'autant plus grands : 1° que la quantité d'eau e évaporée par centimètre carré de la bande est plus grande, 2° que la tension

maxima de la solution est plus faible. C'est ce que montrent les nombres suivants donnant, pour diverses solutions d'acide sulfurique de concentration *c* étudiées à 20°C, les hauteurs limites atteintes H′ et les valeurs de $\mathcal{E}$, de F et du quotient $k = e/e_0$ (e_0 désignant l'évaporation relative à l'eau).

c.	H′.	$\mathcal{E}$.	F_{mmHg}.	*k*.
0	22,7	0	17,5	1
0,2N	31,5	7,5	17,4	0,712
N	37	15,6	17,2	0,452
2N	37,5	16,7	16,5	0,383

Les courbes représentant $\mathcal{E}$ en fonction de F ou de *k* sont d'allure régulière.

Des expériences analogues, faites avec des solutions de glycérine et de divers sels, ont donné des résultats tout à fait comparables.

Tous les effets précédents s'atténuent ou disparaissent lorsqu'on constitue le support destiné à l'étude de l'imbibition par la juxtaposition de plusieurs bandes de papier à filtrer, ce qui a pour effet d'affaiblir l'influence de l'évaporation.

5. En résumé, les anomalies signalées par Decharme dans ses expériences d'imbibition peuvent être attribuées à l'évaporation de l'eau par le support poreux dans l'atmosphère non saturée d'humidité qu'il utilisait; d'où la nécessité, lorsqu'on veut obtenir des résultats comparables, d'opérer dans une atmosphère saturée d'humidité et avec des bandes de papier également saturées d'humidité [1] par un séjour suffisamment prolongé dans la même atmosphère.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la décomposition de l'acide permanganique et du bioxyde de manganèse.* Note de M. **Pierre Dubois**, présentée par M. Georges Urbain.

Préparation de la solution d'acide permanganique. — On obtient facilement des solutions concentrées d'acide permanganique par l'action de l'acide sulfurique sur le permanganate de baryum qui, à 18°, donne une solution saturée, 1,41 moléculaire. On y verse la quantité nécessaire

[1] A. Boutaric et M. Peyraud, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1218.

d'acide sulfurique en évitant tout échauffement. On filtre et vérifie l'absence d'ions SO^{4--} ou Ba^{++} en solution. L'oxygène est dosé par l'acide oxalique en solution sulfurique. Le sulfate manganeux obtenu sert à la détermination du manganèse. Pour l'acidimétrie on utilise de la potasse en suivant la neutralisation de l'acide permanganique avec une électrode platinée saturée d'oxygène. L'analyse est en accord avec la formule $(MnO^4H)^n$ avec une précision de 0,5 pour 100.

Étude de la solution d'acide permanganique. — La solution concentrée, environ 2,6 moléculaire, cristallise vers — 11°. Les cristaux obtenus, à des températures de plus en plus basses, contiennent, après essorage, à leur température de formation, des quantités croissantes d'acide permanganique. Ils sont donc formés de glace imprégnée de cet acide.

La solution 2,6 moléculaire se décompose à la lumière diffuse du laboratoire, assez rapidement à la température ordinaire et sent fortement l'ozone. En 3 jours elle est devenue environ 2 moléculaire. Avec une solution plus étendue, 0,3 moléculaire, on a une destruction totale en 2 mois environ. Dans tous les cas le bioxyde obtenu est impur (environ $MnO^{1,95}$).

Préparation de bioxyde de manganèse pur. — Les diverses méthodes connues donnent un produit impur, caractérisé par un déficit en oxygène ou la présence d'oxydes étrangers, difficiles à éliminer par des lavages, même électrolytiques. Cependant, on peut purifier ces produits, par des traitements répétés à l'acide nitrique bouillant, lavage électrolytique à l'eau, puis séchage. Ainsi, avec l'oxyde impur donné par la décomposition thermique du nitrate [1], vers 300°, comme avec l'oxyde $MnO^{1,95}$ préparé précédemment, j'ai obtenu du bioxyde pur. Toutefois, alors qu'à 100°, le premier devient rapidement anhydré, l'autre, après 2 jours de séchage à cette température, a la formule $MnO^2.0,56\,H^2O$. En vue de déceler, éventuellement, des hydrates décomposables au-dessous de 100°, il était souhaitable de réaliser une méthode donnant directement, à la température ordinaire, du bioxyde pur. On l'obtient en ajoutant à la solution d'acide permanganique de l'acide nitrique concentré. Après lavage électrolytique à l'eau, passage à la presse, séchage à la température ordinaire, l'analyse du produit est en accord avec la formule $MnO^2.1,66\,H^2O$.

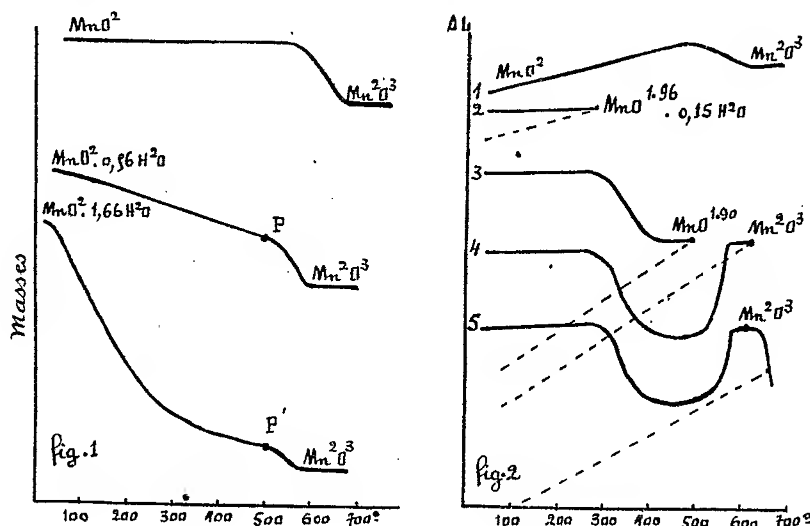
Décomposition thermique de ces différents bioxydes (*fig.* 1). — Elle est faite dans l'air, à température régulièrement croissante, avec une balance

(1) Pierre Dubois, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1502.

spéciale (*loc. cit.*) permettant l'enregistrement photographique de la courbe : variation de masse en fonction de la température.

Le bioxyde obtenu à partir du nitrate se décompose, vers 600°, en donnant du sesquioxyde.

Le bioxyde $MnO^2.0{,}56H^2O$, comme le bioxyde $MnO^2.1{,}66H^2O$, pré-



parés à partir de l'acide permanganique, perdent de l'oxygène dès 200° et conservent des traces d'eau jusque vers 500° avant de donner du sesquioxyde. Les courbes ne montrent l'existence d'aucun hydrate défini et la composition en P ou P' est un peu variable avec les facteurs de l'expérience. Dans l'azote ou l'oxygène on obtient des résultats identiques à des températures un peu différentes.

Étude dilatométrique de ces bioxydes (*fig.* 2). — Elle est faite par une méthode antérieurement décrite [1]. Des bâtonnets de bioxyde préparé par le nitrate sont obtenus par agglomération à la presse. Ils donnent la courbe 1. Les courbes 2, 3, 4, 5 sont relatives à l'oxyde $MnO^2.0{,}56H^2O$: les expériences étant arrêtées à des stades de plus en plus avancés de décomposition. Des cylindres préparés par moulage d'une pâte puis séchage, pendant plusieurs jours, à 100°, ont servi à cette étude. Elle montre, par l'analyse des produits, le départ progressif d'oxygène à partir de 250° et permet deux hypothèses : l'existence d'un composé défini

(1) PIERRE DUBOIS et ÉDOUARD RENCKER, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 131.

de formule approximative $MnO^{1,90}$ ou le passage d'une première à une deuxième variété allotropique, impures, du bioxyde. D'après les courbes de refroidissement, en pointillé, on voit que le retrait masque partiellement la dilatation. Avec le bioxyde $MnO^2.1,66H^2O$, ce retrait est si important dès 80° qu'on ne peut continuer l'étude.

Conclusions. — Le bioxyde préparé par voie sèche, à partir du nitrate, semble différent du bioxyde préparé, par voie humide, à partir de l'acide permanganique. Le premier peut être obtenu pur et anhydre. Il se décompose vers 600°. Le deuxième retient de l'eau, sans qu'il paraisse exister d'hydrate défini, jusque vers 500°. Il perd de l'oxygène dès 250°. Avant de donner du sesquioxyde à 600°, il doit former, d'après la dilatométrie, un oxyde voisin de $MnO^{1,90}$ ou se transformer par allotropie. Cette dernière hypothèse est, d'après les faits observés, la plus vraisemblable.

CHIMIE MINÉRALE. — *Nouvelle méthode de préparation du vanadium pur.* Note de M. **André Morette**, présentée par M. Georges Urbain.

L'isolement du vanadium pur a fait l'objet de nombreux travaux au cours desquels il s'est révélé difficile à réaliser. La réduction des chlorures anhydres par l'hydrogène ou par le sodium permit à Roscoë [1] d'obtenir pour la première fois un produit pulvérulent titrant 92 à 95 pour 100 de vanadium. Récemment, Döring et Geiler [2], reprenant cette méthode, ont préparé du vanadium pur en soumettant le trichlorure à l'action de l'hydrogène, mais leur procédé reste d'une exécution longue et délicate.

Nous avons pensé que la réduction des chlorures anhydres de vanadium par un métal tel que le magnésium ou le calcium, plus maniable que le sodium, nous conduirait au vanadium pur avec moins de difficulté. Nous indiquerons tout d'abord dans cette Note les résultats satisfaisants que nous a fournis le magnésium réagissant, soit sur les vapeurs de tétrachlorure, soit sur le dichlorure de vanadium.

I. Le tétrachlorure de vanadium résulte de l'action d'un courant de chlore à 500-600° sur de la fonte de vanadium préparée au four à arc, ce qui permet de l'obtenir exempt d'oxychlorures. Ce corps entraîné à l'état

---

(1) *Philosophical Transactions*, 159, 1869, p. 679; *Ann. Ch. Phys.* (Suppl.), 7, 1870, p. 70.

(2) *Zeits. an. allg. Chem.*, 221, 1934, p. 56.

de vapeur par un courant d'hydrogène pur et sec passe sur du magnésium pur en limaille placé dans une nacelle de magnésie, disposée elle-même dans un tube chauffé électriquement. L'appareil était conçu de manière à éliminer toute cause d'altération possible des substances mises en œuvre.

Une première expérience d'une durée de 2 heures et demie a été faite en élevant progressivement la température jusqu'à 700°. Après refroidissement, la nacelle retirée du tube était enduite d'un feutrage de cristaux de dichlorure et de trichlorure de vanadium recouvrant une masse grisâtre hygroscopique. Celle-ci a été traitée par l'eau, puis le résidu insoluble après lavage a été desséché à froid dans le vide. Nous avons obtenu ainsi une poudre grise titrant 99,3 pour 100 de vanadium. D'autres échantillons d'une pureté semblable ont pu être préparés aisément par ce procédé.

II. Le dichlorure de vanadium employé dans notre deuxième série d'expériences résultait de l'action de l'hydrogène sur le tétrachlorure de vanadium à 750-800°.

Le dichlorure de vanadium se présente en paillettes micacées vert pomme, peu sensibles à l'action de l'eau, comme l'ont signalé Ruff et Lickfett [1], et contrairement à ce qu'avait indiqué Roscoe (*loc. cit.*). On observe que le passage de ce corps en solution aqueuse ne se fait que très lentement et seulement après oxydation, en donnant à la liqueur la coloration brune caractéristique de la trivalence du vanadium.

La réduction, par le magnésium, du dichlorure de vanadium a été réalisée de la façon suivante. On agglomère très rapidement en pastilles au mortier d'Abich, un mélange de deux parties de dichlorure de vanadium avec une partie de limaille de magnésium. Celles-ci sont alors disposées dans une nacelle de magnésie qui est ensuite placée dans un tube de quartz dans lequel on peut faire le vide ou créer une atmosphère d'argon ou d'hydrogène purs.

Nous avons obtenu dans ces conditions, à une température ne dépassant pas 700° et en un laps de temps variant d'une heure à deux heures et demie, un produit titrant de 98,9 à 99,5 pour 100 de vanadium.

III. Le métal préparé par l'un ou l'autre de ces deux procédés se présente sous la forme d'une poudre métallique gris mat, qui brûle en émettant des étincelles brillantes lorsqu'on la projette dans la flamme d'un brûleur Bunsen. Il réagit violemment avec l'acide azotique concentré en donnant quantitativement après dessiccation une substance possédant les caractères

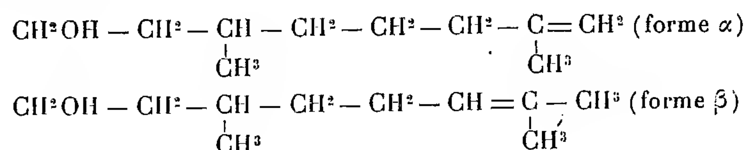
(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 44, 1911, p. 509.

de l'anhydride vanadique; il est solubilisé par l'acide fluorhydrique et reste inaltéré en présence d'acide chlorhydrique.

L'action du magnésium à une température voisine de 700° sur le dichlorure de vanadium, soit au fur et à mesure de sa formation par réduction du tétrachlorure dans l'hydrogène, soit directement, fournit donc d'une façon aisée du vanadium pratiquement pur. Ceci s'explique par la température relativement basse à laquelle la réaction s'accomplit et la faible durée de l'opération.

EFFET RAMAN ET CHIMIE. — *Contribution à l'étude de l'isomérie citronellol-rhodinol au moyen de la spectrographie Raman.* Note [1] de MM. **Y.-René Naves**, **Georges Brus** et **Jean Allard**, transmise par M. Paul Sabatier.

On admet que le citronellol et le rhodinol sont des mélanges des deux alcools isomères :



Bourguel [2] a montré que le spectre Raman d'un éthylénique présente une raie forte vers 1600 dont la fréquence est influencée par les substitutions voisines de la double liaison.

Ainsi, pour les carbures suivants, présentant un enchaînement terminal analogue à celui des alcools ci-dessus, la fréquence de la liaison éthylénique est :

Méthyl-2-butène-1	1652 cm⁻¹	[3]
Méthyl-2-butène-2	1679 »	
Méthyl-2-octène-1	1647 »	[4]
Méthyl-2-octène-2	1677 »	

Les S. R. du citronellol et du rhodinol ont été étudiés par Gredy [4]

(1) Séance du 18 mars 1935.

(2) *Bull. Soc. Chim. France*, 4ᵉ série, 53, 1933, p. 480.

(3) Bourguel et Piaux, *Bull. Soc. Chim. France*, 4ᵉ série, 51, 1932, p. 1041.

(4) *Comptes rendus*, 155, 1932, p. 313.

et par Bonino et Cella (¹), sur des produits commerciaux d'origine et de pureté incertaines.

L'obtention de ces alcools à l'état pur, très difficile, est rarement réalisée (²). Aussi, nous avons jugé utile, dans un travail d'ensemble sur l'isomérie $\alpha\beta$ de ces alcools et de leurs dérivés, d'étudier les S. R. de produits obtenus *à partir des huiles essentielles et purifiés aussi loin que possible.*

Chaque préparation a été divisée par distillation en six fractions dont les S. R. sont identiques. L'origine de ces échantillons et les caractéristiques des fractions 3 (³) sont les suivantes :

I. *Acide citronellique* (ex-essence de citronelle de Java) :

$E_{10}=139^o\text{-}140^o$; $d_4^{20}=0,9280$; $n_D^{20}=1,4537$; $[\alpha]_j=+7^o,34$; $[\alpha]_v=+8^o,15$; $[\alpha]_i=+14^o,78$; $\frac{\alpha_i}{\alpha_v}=1,81$; $\frac{\alpha_i}{\alpha_j}=2,06$; I. A. $=329,0$; I. Br $=94,0$.

2° *Citronellol* (réduction selon Bouveault et Blanc du citronellate d'éthyle):

$E_{10}=103^o\text{-}104^o$; $d_4^{20}=0,8551$; $n_D^{20}=1,4562$; $[\alpha]_j=+5^o,11$; $[\alpha]_v=+5^o,83$. I. E. (après acétylation) : 284; I. E. (après formylation à 100°) : 306; I. Br. : 102,3.

3° *Citronellal* (ex-essence de citronelle de Java) :

$E_{10}=88^o$; $d_4^{20}=0,8515$; $n_D^{20}=1,4468$; $[\alpha]_j=+13^o,14$; $[\alpha]_v=+15^o$; $[\alpha]_i=+33^o,12$; $\frac{\alpha_i}{\alpha_v}=2,15$; $\frac{\alpha_i}{\alpha_j}=2,52$; citronellal % (oximation) $=99,7$.

4° *Citronellol* réduction du citronellal à froid par le butylate d'aluminium :

$E_{11}=105^o\text{-}105^o,5$; $d_4^{20}=0,8550$; $n_D^{20}=1,4559$; $[\alpha]_j=+4^o,46$; $[\alpha]_v=+5^o,02$. I. E. (après acétylation) : 283,5; I. E. (après formylation à 100°) : 303; I. Br $=103$.

5° *Citronellol* (⁴) (réduction sur nickel du mélange citronellal et géraniol ex-essence de citronelle, plus citronellol de cette essence) :

$E_{10}=103^o\text{-}104^o$; $d_4^{20}=0,8528$; $n_D^{20}=1,4550$; $[\alpha]_j=+3^o,45$; $[\alpha]_v=+3^o,87$; I. E. (après acétylation) : 284,4; I. E. (après formylation à 100°) : 304,8; I. Br. : 97,1.

6° *Citronellol* (= rhodinol, ex-essence de géranium de la Réunion, purifié par traitement au chlorure de benzoyle selon Barbier et Bouveault) :

$E_{10}=103^o\text{-}104^o$; $d_D^{20}=0,8562$; $n_D^{20}=1,4560$; $[\alpha]_j=-2^o,40$; $[\alpha]_v=-2^o,81$; I. E. (après acétylation) : 284,0; I. E. (après formylation à 100°) : 304,8; I. Br. : 105,0.

(¹) *Mem. Accad. Ital. Chim.*, 3, 1932, p. 5 à 41.

(²) GLICHITCH et NAVES, *Les parfums de France*, 11, 1933, p. 161.

(³) Les autres fractions ont des caractéristiques très voisines.

(⁴) Ce produit contient environ 6 à 8 pour 100 de dihydrocitronellol.

Les fréquences Raman observées sont les suivantes ([1]) :

Acide citronellique (*échantillon* 1). — 867 (f2); 851 (f1); 956 (bf1); 1028 (f1); 1084 (bf1); 1295 (f1); 1353 (f2); 1382 (*n*5); 1439-1465 (bf10); 1653 (f1); 1679 (*n*12).

Citronellol (*échantillon* 2). — 1110 (f1); 1146 (f1); 1295 (f3); 1323 (f2); 1346 (f2); 1382 (*n*8); 1434-1459 (bf10); 1660 (f3); 1677 (*n*12).

Citronellal (*échantillon* 3). — 802 (f1); 981 (f1); 1077 (f2); 1087 (f1); 1105 (f2); 1233 (f1); 1295 (f1); 1323 (f1); 1343 (f1); 1348 (f3); 1382 (*n*8); 1439-1459 (bf10); 1677 (*n*15); 1729 (f6).

Citronellol (*échantillon* 4). — 1295 (f4); 1323 (f1); 1346 (f5); 1382 (*n*10); 1434 1469 (bf12); 1677 (*n*15).

Citronellol (*échantillon* 5). — 1295 (f5); 1326 (f1); 1350 (f4); 1382 (*n*10); 1441-1469 (bf15); 1677 (*n*15).

Citronellol (*échantillon* 6). — 1295 (f3); 1323 (f1); 1346 (f2); 1382 (f4); 1434-1459 (bf10); 1653 (f1); 1677 (*n*10).

Il résulte de cette étude : 1° que l'acide citronellique (ex-essence de citronelle de Java), le citronellol (réduction du citronellate d'éthyle) et le *l*-citronellol = rhodinol (ex-essence de géranium) sont des mélanges des formes α et β, la forme β étant prépondérante; 2° que la spectrographie Raman ne décèle pas de forme α dans le citronellal (ex-essence de citronelle de Java), le citronellol obtenu par sa réduction, le citronellol obtenu par réduction du géraniol et celui contenu dans l'essence elle-même.

Un mémoire d'ensemble (constantes, spectres ultraviolets, ozonolyse, dérivés caractéristiques) paraîtra prochainement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du carvacrol.* Note de MM. **Daniel Gardner**, **Michel Procofief**, **Georges Jusov** et **Maria-Luciana Caselli**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons préparé du carvacrol (qui jusqu'ici n'avait été obtenu que d'essences naturelles telles que l'essence de carvi, d'origan et autres, ou encore du camphre) en partant du paracymène. On obtient ainsi du carvacrol parfaitement pur, alors que les méthodes de préparation rappelées ci-dessus donnent du carvacrol mélangé à d'autres produits, tels que son isomère le thymol.

Le paracymène que nous avons utilisé provenait du traitement de l'essence de térébenthine de la région de la Gironde (La Teste).

([1]) Les intensités sont notées de 0 à 20; *f* = raie floue; *b* = bande; *n* = raie nette.

Du paracymène, nous sommes passés par le mononitrocymène, la cymidine, le chlorhydrate de cymidine, le diazocymène, pour arriver finalement au carvacrol.

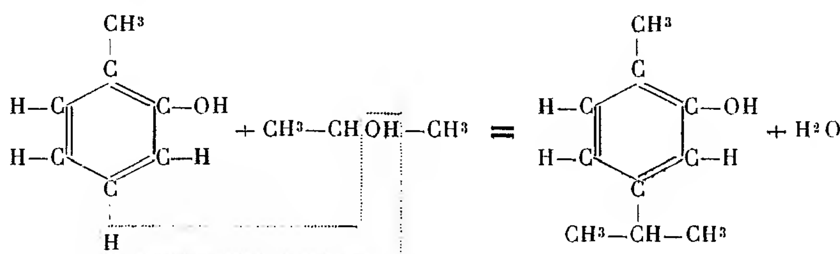
C'est un liquide huileux légèrement coloré en rose : poids spécique, 0,981 à 15°; point d'ébullition, 236°; point de fusion, +0°,5; indice de réfraction, 1,5254; conductibilité électrique très faible, peu soluble dans l'eau; par contre très facilement soluble dans l'alcool, l'éther et l'acétone. Excellent dissolvant des résines, des cires et des matières grasses.

Nous avons, d'autre part, étudié la possibilité de préparer le carvacrol par voie synthétique et nous y sommes parvenus au moyen de l'orthocrésol et de l'alcool isopropylique.

La réaction est la suivante; elle s'effectue en présence d'acide phosphorique anhydre qui absorbe l'eau formée au cours de la réaction.

Le produit obtenu présente les mêmes caractéristiques que celui préparé en partant de la cymidine, sauf une légère différence dans la coloration.

Malgré cette légère différence, toutes les caractéristiques du produit obtenu par voie synthétique étant identiques à celles du carvacrol fabriqué à partir du paracymène, il nous est permis d'affirmer que l'opération de synthèse a bien donné du carvacrol.



Le carvacrol est un corps amphotère.

Comme tout autre phénol, il peut donner des dérivés chlorés, bromés, iodés, nitrés, aminés, sulfonés, hydroxylés, carboxylés et autres. Nous avons en particulier obtenu l'acide carvacrolcarbonique et nous avons pu établir qu'alors qu'il est indispensable d'utiliser des pressions élevées pour la préparation de l'acide salicylique à partir du phénol, celle de l'acide carvacrolcarbonique à partir du carvacrol ne nécessite aucune pression.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la composition des solutions de glucides évoluées.* Note de Mme **Nelicia Mayer**, présentée par M. Georges Urbain.

Il a été montré par R. Wurmser et ses collaborateurs que les glucides subissent, rapidement en solution alcaline, plus lentement en solution neutre, des transformations aboutissant à la formation de subtances électroactives.

La nature chimique de ces substances n'est pas encore connue. Pour réussir à les identifier, il est utile de faire au préalable le bilan des produits faciles à caractériser et à doser, qui apparaissent en même temps que les corps électroactifs. L'évolution alcaline des glucides réducteurs a été l'objet de beaucoup de recherches dues notamment à Nef [1], Evans [2], Fischler [3], et l'on sait qu'il se forme des corps réducteurs, des acides, des produits de condensation. Mais ces auteurs ont montré que les produits formés diffèrent suivant l'alcalinité, la température et le temps d'action. Il était donc nécessaire de reprendre leur travail dans les conditions mêmes où l'on opère pour obtenir les dérivés électroactifs.

J'ai maintenu à 100° dans le vide, pendant 30 minutes, une solution de 2g de glucose dans 100cm³ NaOH $n/10$.

Les transformations qui caractérisent cette évolution se manifestent par :

1° la disparition du pouvoir rotatoire;

2° la neutralisation exacte de la solution (pH : 6,5-7);

3° la formation des substances réductrices.

En ce qui concerne les acides, dont la formation se traduit par la neutralisation de la soude introduite au début de l'évolution et qui correspond à une production de 1cm³ acide $n/10$ pour 1cm³ de la solution de glucose évoluée, nous avons pu identifier jusqu'à maintenant les acides lactique, acétique et formique. Il ne se forme pas d'acide oxalique.

On trouve pour 100cm³ de glucose évolué, en prenant la moyenne de plusieurs déterminations : 0g,0914 acide lactique c'est-à-dire 4,5 pour 100 du glucose introduit.

---

(1) *Ann. der Chem.*, 403, 1914, p. 204.

(2) W. D. Nicoll, C. C. Strouse et C. E. Waring, *J. of Am. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 2267.

(3) *Zeitschrift, Phys. Chem.*, 157, 1926, p. 1-31.

Parmi les acides volatils, il se forme de l'acide acétique et de l'acide formique. Les courbes de distillation suivant la méthode de Duclaux, montrent qu'il s'agit d'un mélange de ces deux acides. Les distillations ont été effectuées en présence d'azote. En calculant les quantités d'acide qui se forment, on obtient, pour 100^{cm^3} de glucose évolué :

Acide formique : $0^g,142$, soit 7 pour 100 du glucose introduit;

Acide acétique : $0^g,078$, soit 3,8 pour 100 du glucose introduit.

L'apparition des trois acides cités peut être expliquée par l'énolisation du glucose sur laquelle Nef a attiré l'attention, en position 1, 2; 2, 3; 3, 4 et clivage de ces molécules à la double liaison. L'énolisation en position 1, 2 semble être favorisée dans notre cas.

Quant aux substances responsables du pouvoir réducteur, on sait qu'elles appartiennent au moins à deux systèmes. Le premier correspond à la propriété de réduire l'iode en solution acide. La substance responsable, douée d'une grande mobilité chimique, a été appelée rédoxine par Wurmser et Loureiro; elle est caractérisée par son spectre d'absorption, qui présente un maximum à 2900 Å à pH = 7. Elle se trouve en petite quantité dans la solution de glucose : 1^{cm^3} de solution réduit $1^{cm^3},6$ à $1^{cm^3},7$ d'iode $n/100$.

L'autre système existe en grande quantité, c'est lui qui réduit lentement les indicateurs d'oxydoréduction. La quantité maxima de bleu de méthylène que les solutions évoluées peuvent réduire a été déterminée dans une série d'expériences de la manière suivante :

On introduit 10^{cm^3} de glucose évolué, dans des boules de $100\text{-}125^{cm^3}$, on ajoute 20^{cm^3} d'une solution moléculaire de phosphate dipotassique, et des quantités croissantes d'une solution M/20 de bleu de méthylène. On amène à 80^{cm^3} avec de l'eau. On fait passer dans chaque boule un courant d'azote pendant 15 minutes. On fait le vide, on scelle, et met le tout à 39°, à l'abri de la lumière.

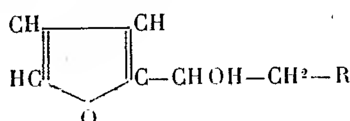
La quantité maxima réduite a été, pour trois séries d'expériences, de 30^{cm^3} de bleu de méthylène M/20. Cette réduction s'est effectuée au bout de deux mois. Des témoins ont montré que la solution de glucose n'évolue pas davantage pendant cette longue période et que le bleu de méthylène conserve son pouvoir oxydant.

Parmi les substances réductrices, nous avons pu identifier le méthylglyoxal, qui a été isolé sous forme de dinitrophénylosazone (p. f. 297°-298°). On trouve $0^g,004$ de méthylglyoxal pour 100^{cm^3} de glucose évolué, c'est-à-dire 0,2 pour 100 du glucose introduit. Le méthylglyoxal, se trouvant en très petite quantité, ne peut pas rendre compte de la réduction du bleu de

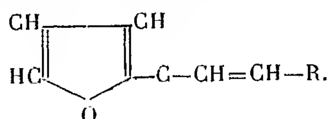
méthylène. Il ne peut pas non plus être identifié à la rédoxine, car il ne réduit pas l'iode en solution acide. Son spectre d'absorption dans l'ultra violet en est différent aussi.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Phénomènes d'oxydation et de réduction observés dans la déshydratation catalytique des furylalcoylcarbinols.* Note de M. **Raymond Paul**, présentée par M. Robert Lespieau.

On pouvait penser que la déshydratation des furylalcoylcarbinols



conduirait aisément aux furanes à chaîne latérale non saturée



L'extrême sensibilité du noyau furanique vis-à-vis des acides excluant les catalyseurs tels que l'acide sulfurique ou les bisulfates, la déshydratation de ces alcools a été tentée au moyen de l'alumine. Tous les essais ont été effectués à une température moyenne de 390° sur de l'alumine commerciale, partiellement déshydratée par un chauffage préalable à 450°. En outre, pour éviter l'influence possible de l'oxygène sur la marche de l'opération, on a toujours opéré dans un courant d'azote.

Mais la réaction s'est révélée beaucoup plus complexe qu'on ne s'y attendait; il n'y a pas uniquement déshydratation, aussi a-t-il paru indispensable d'étudier également l'action de l'alumine sur l'alcool furfurylique.

Alcool furfurylique $F—CH^2OH$. — Un produit pur, exempt de furfurol, a donné dans ces conditions :

— Du *furylméthane* (sylvane), $F—CH^3$, caractérisé par ses constantes (Éb. 64°; $D_{15}^{13}=0,915$; $N_D^{13}=1,43387$) et son dérivé chloromercurique fondant à 134° [1];

---

[1] Gilmann et Wright, *Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 3309.

— Du *furfurol*, F—CHO, dont la semicarbazone cristallise en aiguilles incolores fusibles à 214-215°.

Furyl-1-éthanol-1 F.CHOH.CH^3. — On a isolé seulement :

— du *furyléthane* F.CH^2.CH^3(Eb_{760} 91°-93°; D^{13}_{13}=0,912; N_D^{13}=1,44662);

— du *furyléthène* F.CH=CH^2 qu'on n'a pu débarrasser entièrement de furyléthane. Les constantes du produit obtenu sont assez voisines cependant de celles qu'indiquent Moureu et ses collaborateurs pour le produit pur [1].

— Les queues de la distillation traitées par l'hydroxylamine ont fourni en outre une petite quantité d'oxime fusible à 91° : c'est le point de fusion que Sandelin indique pour l'oxime de la furylméthylcétone F.CO.CH^3 [2].

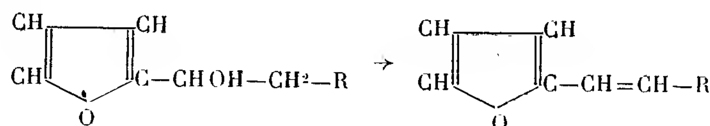
Furyl-1-butanol-1 F.CHOH.CH^2.CH^2.CH^3. — La quantité d'alcool traité ayant été plus considérable que dans les deux exemples précédents, on a pu séparer par simple rectification :

— le *furylbutane* F.CH^2.CH^2.CH^3 (Eb_{24} 48°-49°);

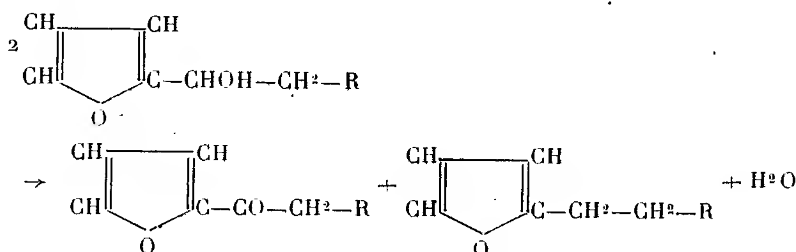
— le *furyl-1-butène-1* F.CH=CH.CH^2CH^3(Eb_{24} 59°-60°; D^{14}_{15}=0,932; N_D^{14}=1,5028);

— la *furyl-1-butanone-1* F.CO.CH^2.CH^2.CH^3 (Eb_{18} 92°-94°); sa semicarbazone fond à 182° (trouvé, N °/₀ = 21,76; calculé, 21,54).

On voit donc en résumé que l'alumine a catalysé, outre la déshydratation normale,



l'oxydation en aldéhyde ou cétone d'une molécule d'alcool aux dépens d'une seconde molécule du même alcool

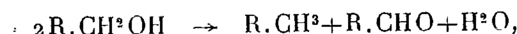


[1] MOUREU, DUFRAISSE et JOHNSON, *Ann. de Chimie*, 10ᵉ série, 7, 1927, p. 20.

[2] SANDELIN, *Ber. d. ch. Ges.*, 33, 1900, p. 494.

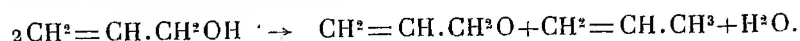
Quant à l'aldéhyde ou la cétone fermée, médiocrement stable, elle doit se détruire en partie, car on ne peut en isoler de grandes quantités; ceci expliquerait aussi le dépôt de carbone qui encrasse assez rapidement le catalyseur.

De la réaction précédente, qui est en quelque sorte une *self-oxydation* de la fonction alcool



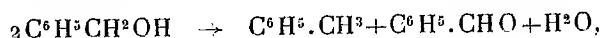
$$2R.CH^2OH \rightarrow R.CH^3 + R.CHO + H^2O,$$

on ne trouve que fort peu d'exemples dans la littérature chimique. Le plus net est certainement la déshydratation sur alumine de l'alcool allylique qui fournit du propène et de l'acroléine [1]



$$2CH^2{=}CH.CH^2OH \rightarrow CH^2{=}CH.CH^2O + CH^2{=}CH.CH^3 + H^2O.$$

La production de toluène qu'on observe dans l'action de l'hydroxyde de potassium sur l'alcool benzylique pourrait également s'interpréter par une self-oxydation de l'alcool



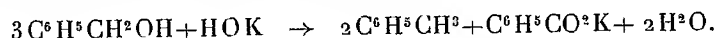
$$2C^6H^5CH^2OH \rightarrow C^6H^5.CH^3 + C^6H^5.CHO + H^2O,$$

suivie d'une cannizarrisation de l'aldéhyde formée



$$2C^6H^5CHO + HOK \rightarrow C^6H^5.CH^2OH + C^6H^5.CO^2K,$$

ce qui correspond bien au schéma classique



$$3C^6H^5CH^2OH + HOK \rightarrow 2C^6H^5CH^3 + C^6H^5CO^2K + 2H^2O.$$

CRISTALLOGRAPHIE. — *Modifications du faciès des cristaux de phloroglucine par les matières colorantes et action de la chaleur sur la coloration.* Note de M. **Paul Gaubert.**

J'ai déjà montré que si le faciès des cristaux était modifié par la présence de matières étrangères dissoutes dans l'eau mère, ces dernières passaient régulièrement dans le cristal en voie d'accroissement. Cette association des deux crops se fait par deux procédés bien différents : 1° syncristallisation de la matière étrangère avec la substance et c'est à ce cas que s'applique la théorie de L. Royer sur les modifications du faciès; 2° formation d'une solution solide, la matière étrangère n'ayant aucune de ses propriétés

(1) Kretinsky et Nikitine, *J. Soc. Phys. Chim. Russe*, 44, 1912, p. 471.

cristallines dans l'édifice commun, qui est celui de la substance prédominante.

Le but de cette Note est de fournir de nouveaux exemples du second cas et d'étudier les modifications de la teinte des cristaux sous l'influence de la chaleur.

Les cristaux rhombiques de phloroglucine hydratée ont habituellement les formes $p(001)$, dominante, $m(110)$, $a^1(101)$. Le plan des axes optiques est dans $p(001)$ et c'est n_p bissectrice aiguë qui coïncide avec l'axe a (G. Wulfing). J'ai constaté que les cristaux sont très biréfringents, j'ai obtenu en effet les indices

$$n_g = 1,72;\ n_m = 1,69;\ n_p = 1,41;\ n_g - n_p = 0,31.$$

Plusieurs matières colorantes dérivées des goudrons de houille, ajoutées en faible quantité à l'eau mère (moins de 1/1000e) colorent les cristaux en leur donnant des faciès particuliers pouvant être ramenés à deux types :

1° Les cristaux aplatis suivant la base $p(001)$ sont plus ou moins allongés suivant l'arête $pa^1(001)(101)$, selon la quantité de matière colorante. Très souvent les cristaux sont groupés suivant $h^1(100)$ pour former des lames allongées suivant l'axe a. L'ensemble a parfois la forme d'un peigne, dont les dents correspondent à des individus très développés suivant l'axe b. Le bleu de méthylène, le rouge neutre, etc., donnent ce faciès.

2° Les cristaux aplatis suivant la face $h^1(100)$ sont très allongés suivant l'axe b; avec le bleu de toluidine, la fuchsine, etc, ils peuvent atteindre plusieurs centimètres de long. Ils forment des groupements polysynthétiques suivant $p(001)$.

Ces modifications du faciès, dont je n'indique ici que les traits essentiels, sont d'autant plus accentuées que la cristallisation se fait plus lentement. Par refroidissement rapide d'une eau mère chaude, les cristaux se colorent, mais sont peu modifiés.

Action de la chaleur. — Chauffés à l'air, les cristaux commencent à perdre leur eau à partir de 50° et deviennent opaques par suite de la formation de très petits cristaux anhydres, n'ayant aucune orientation commune. Cependant, si les cristaux hydratés sont très minces et accolés à la lame de verre, qui a une certaine influence, il y a orientation. En effet, bien que lesl amelles se fendillent, elles conservent leur transparence et leur homogénéité optique; l'extinction se fait toujours suivant les diagonales de la face $p(001)$, mais n_g a pris la place de n_p et réciproquement.

Les cristaux hydratés chauffés dans l'huile de vaseline sont stables jus-

qu'à 100° environ. A cette température, il se produit des cristaux anhydres qui ne se colorent pas et sont sans orientation commune.

Les cristaux présentent, à partir de 75°, des modifications de teinte ne se montrant pas avec les cristaux des autres substances organiques colorés par les mêmes matières. Les cristaux colorés par le bleu de méthylène deviennent de plus en plus bleus de 75° à 100°, ce qui est facile à constater par l'examen des cristaux en lumière naturelle et encore mieux par celui des lames incolores suivant n_p à la température ordinaire. Lorsque la température s'abaisse de nouveau, les cristaux perdent leur couleur bleue suivant n_p, mais restent cependant légèrement rouge violacé dans cette direction. Une fois cette faible modification produite, le phénomène est réversible. Cette diminution du polychroïsme, sous l'action de la chaleur, se produit avec toutes les matières colorantes.

Ce fait pourrait être interprété si la biréfringence des cristaux diminuait avec la température, mais il n'en est rien, les propriétés optiques ne sont pas sensiblement modifiées. Aussi on est réduit à faire des hypothèses. Ainsi, on peut supposer : 1° que la matière colorante est modifiée progressivement avec la température par la phloroglucine, mais qu'elle reprend après refroidissement ses propriétés primitives ou bien, mieux encore, que par diffusion, elle sort partiellement du réseau et se trouve alors sous forme d'inclusions amorphes. Sous cet état, elle n'intervient plus dans le polychroïsme. Lorsque la température s'abaisse elle diffuse de nouveau dans le réseau. J'ai déjà montré qu'une telle diffusion de l'indophénol dans les cristaux de pipéronal et de benzophénone était possible [1], seulement ici le phénomène n'est pas réversible, la matière colorante se retirant pour former de petits cristaux. Pour expliquer la légère différence de coloration existant entre celle du début et celle obtenue après refroidissement, on peut admettre qu'une très faible partie de la couleur diffusée reste à l'état cristallin.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les enclaves de quelques filons des environs de la Bresse (Vosges).* Note de M. G. Choubert.

Le massif de granite à amphibole de la Bresse est caractérisé par un grand nombre de filons de microgranite, qui le traversent suivant deux

---

[1] *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 1299.

directions privéligiées orthogonales, oscillant autour des lignes NE-SW et NW-SE. On les rencontre isolément ou bien groupés en deux zones filoniennes nettement individualisées qui, à leur croisement, donnent naissance à un véritable massif de microgranite (colline en face de la Bresse séparant les vallées de la Moselotte et du Chajoux).

Outre ces roches de couleur claire, dont la reconnaissance et le diagnostic sur le terrain est facile, on rencontre dans le massif de la Bresse des roches filoniennes à affinités lamprophyriques, de couleur plus sombre et d'aspect compact. Leurs filons, moins importants que les précédents, apparaissent dans des différents points du massif sans direction constante, souvent associés aux microgranites.

Ces roches renferment relativement peu d'éléments colorés (biotite, amphibole et parfois augite ouralitisé), et quelques phénocristaux de plagioclases (¹); elles ne peuvent donc pas être considérées comme de véritables lamprophyres. Malgré leur air de parenté, leur composition minéralogique peut subir des variations notables. Ainsi, suivant la teneur en quartz, on est conduit à les rattacher, soit aux microgranites, soit aux microsyénites à caractère lamprophyrique plus ou moins prononcé. D'autre part la diminution de la teneur en orthose peut faire rapprocher certaines d'entre elles du groupe des plagioclasolites.

L'intérêt particulier de la plupart de ces filons est la présence d'enclaves, généralement anguleuses, de roches cristallines très variées. Nous avons pu en recueillir une collection assez complète dans une carrière d'empierrement ouverte dans un de ces filons (à 4^{km} de la Bresse, sur la grande route de Cornimont). Ce filon est orienté E-W et sa puissance s'approche de 10^{m}; on y trouve :

1° des *diorites*, pour la plupart quartziques ou quartzifères, constitués d'andésine et d'hornblende; ils sont à grain moyen et généralement orientés;

2° des *orthoamphibolites feldspathiques*, quartzifères, avec ou sans pyroxène, à grain beaucoup plus fin et à structure granoblastique;

3° des *orthoamphibolites non feldspathiques*, ou les amphiboles sont noyés dans une masse chloriteuse;

4° des *paragneiss andésiniques à grenat*, avec ou sans *cordiérite* et *sillimanite :*

(¹) Il faut signaler en outre la présence de cristaux de plagioclase et de quartz étrangers au magma; ils montrent généralement des phénomènes de résorption.

5° des orthogneiss andésiniques à grands éléments, ou plutôt, des *granites orientés*, avec ou sans amphibole, mais d'un autre faciès que celui de la Bresse.

La plupart de ces enclaves montrent des phénomènes de transformation assez intenses : séricitisation, épidotisation, chloritisation du mica, transformation du grenat en biotite et de la cordiérite en gigantolite. Les mêmes phénomènes s'observent à un degré différent, dans les roches de la majorité des filons eux-mêmes. Ils sont donc probablement postérieurs à la mise en place de ces derniers.

Ces enclaves sont spéciales aux filons du massif de granite à amphibole de la Bresse et n'ont pas été rencontrées dans des filons lamprophyriques des massifs granitiques voisins (par exemple dans les nombreux lamprophyres de la vallée de Rochesson) qui sont tantôt des vraies minettes tantôt des kersantites plus ou moins riches en quartz.

Entraînées par le magma au cours du remplissage des filons, ces enclaves semblent indiquer l'existence non soupçonnée d'un soubassement profond constitué de roches cristallophylliennes et éruptives, pour la plupart basiques, au-dessous du massif granitique. Elles conduisent donc à douter de la nature batholitique de celui-ci.

Le massif de la Bresse est caractérisé par l'absence d'accidents tectoniques de quelque importance. Nous n'y avons rencontré que quelques zones de faible écrasement, apparaissant surtout le long de sa bordure. De même que tous les granites des Vosges centrales, celui de la Bresse est considéré comme post-tectonique et d'âge post-dinantien, il est donc naturel qu'il n'ait pas été soumis à des actions tectoniques importantes.

Il faut ajouter qu'on ne trouve pas de roches basiques dans le complexe gneissique des environs de la Bresse, c'est-à-dire ni dans le lambeau gneissique de la Gesse, situé sur la bordure du granite à amphibole, ni dans la bande de gneiss traversés par des granites qui lui fait suite vers le Nord.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Mesures simultanées de divers éléments d'électricité atmosphérique.* Note de Mme **Odette Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai entrepris une série de mesures régulières de la conductibilité électrique de l'air, des nombres de gros ions, petits ions, noyaux de condensation et particules en suspension dans l'atmosphère. Ces mesures ont pour but de préciser les variations périodiques et accidentelles de ces éléments,

et les relations qui existent entre eux. Leur variabilité est assez grande à Paris; aussi, pour que les valeurs trouvées par mesures croisées puissent être considérées comme simultanées, il faut que chaque mesure soit rapide, et qu'on passe de l'une à l'autre en un temps très court. C'est ce que j'ai essayé de réaliser.

Le nombre N_P de particules en suspension par centimètre cube d'air est déterminé au moyen du compteur à jet d'Owens ([1]). Le nombre N_A de noyaux de condensation est compté avec l'appareil d'Aitken, *Pocket dust-counter* ([2]). La conductibilité électrique de l'air λ est mesurée par la méthode de zéro déjà décrite ([3]); pour rendre cette méthode encore plus sensible, j'utilise maintenant l'électromètre Lindemann avec une sensibilité de 600 divisions par volt, et un condensateur étalon dont le coefficient d'influence de l'armature externe sur l'armature interne est de 8 u. e. s. C. G. S. au lieu de 30. Je peux ainsi faire une très bonne mesure en moins d'une minute. La grande sensibilité sous laquelle j'emploie l'électromètre n'est intéressante que si le zéro est très stable; j'ai obtenu cette stabilité en protégeant l'électromètre thermiquement, et en soignant la protection électrostatique de tout l'appareil. Les nombres N et *n* des gros et des petits ions sont déterminés en faisant passer un volume connu d'air dans des condensateurs cylindriques analogues à ceux de Langevin et Moulin ([4]), et en mesurant la charge qu'ils apportent. Dans cette mesure j'ai remplacé la méthode de déviation de l'électromètre habituellement utilisée par une méthode de zéro; pour cela, comme dans la mesure de la conductibilité électrique de l'air, j'utilise la méthode de Townsend. Cette méthode plus simple car elle évite l'étalonnage de l'électromètre est aussi plus rapide puisqu'elle supprime les mesures de fuite.

Pour que le passage d'une mesure à l'autre soit très rapide j'ai pris les dispositions suivantes :

1° Les appareils de mesure de la conductibilité électrique de l'air, des nombres de gros ions et de petits ions ne sont pas indépendants. Ils n'utilisent qu'un seul électromètre et un seul condensateur étalon. Pour cela l'électromètre et l'armature interne du condensateur étalon sont liés rigidement par une tige métallique, et ils peuvent être mis successivement en

([1]) Shaw et Owens, *The smoke problem of great cities*, p. 132, London, 1925.

([2]) *Collected scientific papers of John Aitken*, p. 236, Cambridge, 1923.

([3]) O. Thellier, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1684.

([4]) *Le Radium*, 4, 1907, p. 218.

relation avec les électrodes internes des condensateurs cylindriques. Cette connexion est assurée par trois basculeurs portés par ces électrodes internes; les basculeurs sont normalement en contact avec la masse, mais trois petits électro-aimants permettent de les attirer et de les mettre en contact avec le système électromètre-condensateur étalon. Le passage d'une mesure à l'autre se fait donc par simple manœuvre d'un interrupteur à trois voies commandant les électroaimants.

2° Le nombre des gros ions et celui des petits ions étant très différents, le dispositif potentiométrique qui permet de porter l'armature externe du condensateur étalon au potentiel convenable est à deux sensibilités. Un dispositif simple permet, par la seule manœuvre d'un interrupteur, de passer d'une sensibilité à l'autre, les lectures se faisant sur le même voltmètre 0-3 volts ou 0-30 volts.

3° L'aspirateur compteur qui fait passer dans les deux tubes à ions un volume d'air connu est en relation permanente avec ces deux tubes. Un robinet à deux voies permet de diriger le courant d'air dans l'un ou l'autre de ces deux tubes.

4° Les électrodes externes des trois condensateurs cylindriques sont portées au potentiel convenable par un simple jeu de fiches sur un tableau.

		N_A.	λ_+.	λ_-	N_+.	N_-.	n_+.	n_-.	N_P.
11 mars,	9^h...	82 000	0,107	0,113	21 300	23 250	30	15	510
»	15^h...	91 000	0,141	0,142	16 000	16 950	20	40	420
»	17^h...	119 000	0,097	0,094	29 050	29 850	10	10	–
12 mars,	9^h...	205 000	0,089	0,106	19 450	22 450	30	15	375
»	15^h...	127 000	0,129	0,142	13 950	13 500	40	30	625
»	17^h...	167 000	0,100	0,098	27 900	26 450	10	10	–
13 mars,	9^h...	130 000	0,095	0,108	21 300	23 550	25	10	700
»	15^h...	81 000	0,147	0,142	12 500	13 450	30	50	435
»	17^h...	103 500	0,097	0,095	22 600	22 900	15	15	–
14 mars,	9^h...	103 000	0,098	0,099	30 450	28 350	20	0	625
»	15^h...	63 000	0,159	0,185	7 350	9 450	40	50	225
»	17^h...	87 000	0,103	0,095	16 200	17 850	20	20	–
15 mars,	9^h...	79 000	0,115	0,121	20 300	18 300	30	15	885
»	15^h...	54 000	0,377	0,304	5 450	7 150	120	80	390
»	17^h...	81 000	0,130	0,125	15 200	15 800	40	25	–
16 mars,	9^h...	93 500	0,106	0,104	14 800	16 350	35	15	110
»	15^h...	82 000	0,146	0,149	9 650	9 700	30	35	310
»	17^h...	121 000	0,113	0,134	11 300	11 750	40	25	–

Grâce à ce montage une série complète de mesures, comprenant les

déterminations successives :

$$N_A, \lambda_+, \lambda_-, N_+, N_-, n_+, n_-, n_+, N_-, N_+, \lambda_-, \lambda_+, N_A \text{ et } N_P,$$

se fait en 1 heure un quart environ. Je poursuis ces mesures depuis six mois; je donne ci-dessus, à titre d'exemple, les résultats obtenus au cours de la semaine du 11 au 18 mars.

Au cours de la mesure des petits ions, des gros ions sont captés et il est nécessaire de faire une correction. En cette saison, les petits ions étant en très petit nombre et les gros ions étant très nombreux, cette correction devient très importante; aussi les nombres donnés pour les petits ions ne représentent qu'un ordre de grandeur.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Données nouvelles sur la morphogénèse de l'axe feuillé dans les Dicotylées.* Note de M. V. **Grégoire**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Nos recherches sur la valeur morphologique du pistil nous ont montré la nécessité de recueillir des précisions nouvelles sur la morphogénèse de l'axe feuillé et sur les corrélations qu'elle implique. Nous résumerons ici quelques données importantes à ce sujet, en nous bornant aux Dycotylées et au type de structure le plus fréquent, celui où les faisceaux composent un cercle unique, entourant une moelle.

1° Rappelons d'abord que Schmidt a établi, pour les tiges *à feuilles opposées*, les données suivantes. Au moment où deux primordiums foliaires vont se produire, le sommet végétatif à peine bombé, offre un contour plus ou moins rectangulaire. Les primordiums naissent sous la forme de *protubérances verticales*, surmontant les deux portions extrêmes du rectangle. Seule, la région médiane de ce dernier reste libre, pour l'accroissement ultérieur. Le sommet, dit Schmidt, est alors à son état d'*aire minimale*. Il va grandir ensuite, non pas seulement en hauteur, mais aussi suivant un sens transversal, de manière à reprendre la forme d'un rectangle dont le grand axe est perpendiculaire à celui du rectangle antérieur : le sommet, dit Schmidt, passe ainsi à l'état *d'aire maximale*, préalable à la formation de nouveaux primordiums. Ceux-ci se produisent alors et le sommet passe de nouveau à l'état d'aire minimale. Ce cycle commande tout le développement de la pousse feuillée.

Or cette description doit être complétée par deux données nouvelles.

a. L'accroissement méristématique transversal ne se borne pas à la partie extrême du sommet végétatif; il s'accomplit sur les flancs de ce dernier, dans toute la hauteur qui se trouve comprise entre l'extrémité et le nœud dont les feuilles sont sous-jacentes aux primordiums qui vont se produire; les portions nouvelles que le méristème acquiert par cet accroissement transversal se montrent, en quelque sorte, comme des « contreforts » du sommet végétatif.

b. C'est sur le dessus de ces contreforts que vont se former, par des cloisonnements caractéristiques, les primordiums foliaires et de telle manière que ceux-ci apparaissent comme le prolongement des contreforts eux-mêmes. Aussi, ces derniers méritent le nom de *soubassements foliaires*.

Ce mode de développement a pour conséquence une orientation verticale des primordiums; de fait, ceux-ci ne naissent jamais par une poussée oblique, sur les flancs d'un sommet en forme de cône. C'est l'étirement ultérieur qui les étale obliquement sur l'axe.

2. On pourrait s'attendre à voir les *feuilles spiralées* se produire autrement et naître sous la forme de protubérances implantées obliquement sur un sommet conique. Mais il n'en est rien. Même dans ce cas, le sommet végétatif passe, entre deux productions de primordiums foliaires, d'un état d'aire minimale à un état d'aire maximale, en formant un unique soubassement foliaire, sur lequel s'élève ensuite, verticalement, un primordium nouveau.

3. Plusieurs travaux récents ont établi que le premier acte de la morphogénèse conductrice, dans la tige des Dicotylées, comporte la présence, entre le parenchyme médullaire en formation et le parenchyme cortical débutant, d'une région annulaire gardant toute son activité méristématique. C'est au sein de cet « anneau méristématique » (Helm) que vont se former par des cloisonnements particuliers, les cordons de procambium ou de desmogène : d'où le nom de *prodesmogène* que nous donnons au méristème ainsi réservé.

Cette description doit, à son tour, être complétée par des données importantes. Il faut dire avant tout qu'une formation du même genre se manifeste au sein des primordiums foliaires; dans chacun d'eux se marque un prodesmogène en forme d'*arc*, compris entre le parenchyme dorsal et et le parenchyme ventral, tous deux en train de se différencier. Les arcs foliaires doivent, on le comprend, se trouver en connexion avec l'anneau axiale; mais ce qui est significatif, c'est la manière dont la connexion s'établit

et le lien qui se manifeste, entre primordium foliaire et axe, dans la détermination du prodesmogène.

a. L'anneau prodesmogéniqne ne dépasse jamais, vers le haut, le niveau du primordium foliaire le plus récemment formé. Au-dessus de ce niveau, il n'y a jamais de *parenchymatisation* corticale et, si la *médullarisation* y débute parfois, elle se trouve encore confinée dans la région axiale du méristème terminal.

b. Dès sa première apparition, le prodesmogène est *commun à un primordium foliaire et à son soubassement* et il affecte, dans l'ensemble que forment une protubérance foliaire et la portion d'axe qu'elle surmonte, un *tracé vertical*. Le prodesmogène, en effet, ne se marque, au sein de l'axe, que dans le prolongement des arcs prodesmogéniques foliaires et l'anneau prodesmogénique n'est que la base commune d'un certain nombre d'arcs foliaires distribués sur le pourtour de l'axe.

c. Le tracé vertical du prodesmogène est dû d'abord à ce que la parenchymatisation médullaire, qui se propage en voie centrifuge, respecte les soubassements; elle atteint le bord interne de ceux-ci, mais s'y trouve arrêtée. Évidemment, la parenchymatisation médullaire n'est pas le phénomène déterminant, dans la délimitation interne du prodesmogène; c'est, au contraire, la présence, dans chacun des soubassements, d'un méristène prodesmogénique, *prolongeant verticalement les arcs foliaires,* qui impose une limite à la parenchymatisation centrale.

D'autre part, si la limite externe du prodesmogène *folio-axile* suit, elle aussi, un tracé vertical, c'est parce que la parenchymatisation corticale, au sein d'un soubassement foliaire, se fait dans le prolongement de la parenchymatisation dorsale du primordium qui le surmonte.

Les soubassements foliaires apparaissent donc comme destinés à fournir la *région conductrice* de la tige dicotylée.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le comportement biologique du* Sterigmatocystis Phœnicis *comparé à celui du* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Fernand Obaton** présentée par M. Marin Molliard.

Le *Sterigmatocystis Phœnicis* (Corda) Pat. et Delacr., qui se développe habituellement sur la datte, a été étudié par M. Heim (¹) au point de vue

(¹) *Annales de Cryptogamie*, 6, 1933, p. 131.

morphologique. Cet ascomycète présente avec le *St. nigra* de grandes ressemblances. Les principales différences concernent la disposition des papilles qui ornent les spores « celles-ci sont dispersées sur toute la surface de la spore dans la première de ces espèces [*Phœnicis*] alors que dans le *nigra* elles le sont selon des îlots ou des zones limitées par des grands cercles, séparées par des zones lisses d'aires à peu près équivalentes ». Les deux espèces ont également des teintes un peu différentes. Mais nous savons par expérience que le *St. nigra* présente selon les cultures provenant du même tube de spores des différences de teinte allant du blanc au jaune paille. On constate en même temps des variations dans l'acidité libre et dans le pH des liquides. Les spores elles-mêmes peuvent passer du noir au gris verdâtre. L'auteur a traduit par une figure l'aspect inégalement plissé de la toile mycélienne des deux champignons. Nous nous proposons de revenir sur cette question que nous sommes en train d'étudier par la méthode cinématographique.

Temps de culture.	Acidité.	Sucre restant	Poids du myc.	Man.	Treh.
		St. Phœnicis.			
43h	17	5,200	0,670	0,014	0
52	22	4,198	1,689	0,208	0,006
70	15	1,266	2,580	0,197	0,047
88	13,5	0,318	3,120	0,225	0,112
105	19	0,306	2,490	0,137	0,081
		St. nigra.			
43	20,9	6,270	0,600	0,041	0
52	28	4,352	1,446	0,124	0,002
70	38	1,177	2,810	0,200	0,032
88	15,6	0,273	3,220	0,248	0,239
105	22,3	0,217	2,850	0,173	0,174

Nous avons étudié comparativement *St. Phœnicis* et *St. nigra* au point de vue physiologique en nous servant des spores que M. Heim a bien voulu mettre à notre disposition. Les cultures ont été faites sur liquide Molliard à l'azotate d'ammoniaque et au saccharose additionné de $0^g,5$ de CO^3Ca par flacon contenant 150^{cm^3} de liquide. La série de douze flacons ensemencés en même temps était placée dans les mêmes conditions dans une étuve à 32°. Au bout de temps variables nous avons dosé dans le liquide : l'acide formé que nous avons exprimé en centimètres cubes de potasse N/10 et le sucre restant. Dans les mycéliums c'est le poids de mannitol et de tréha-

lose qui a été noté en même temps que le poids sec de la substance mycélienne élaborée. Les analyses ont porté en bloc sur six cultures et les résultats sont rapportés à un échantillon dans les deux espèces. Dans le tableau ci-contre on trouvera le résumé des données ainsi obtenues.

La lecture du tableau montre que l'acidité reste toujours faible : ceci est en rapport avec la présence du carbonate de chaux dans le liquide. Le sucre est consommé sensiblement à la même vitesse par les deux espèces. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que le poids atteint par chaque mycélium soit très comparable dans les deux cas. Le mannitol présente des valeurs à peu près égales : en additionnant les résultats des analyses, on trouve que le *St. Phœnicis* a élaboré $0^{g},781$ de polyol et le *St. nigra* $0^{g},786$. Par ailleurs l'évolution est très comparable. Si l'on se reporte aux résultats que nous avons publiés antérieurement ([1]) sur le *St. nigra* on remarque qu'il y a plus de mannitel dans la série actuelle que dans la précédente. Mais ceci est en relation avec l'activité moins grande de la végétation : l'étuve ayant été réglée à 32° alors qu'elle l'était auparavant à 34°-35°. Cela correspond d'ailleurs à l'évolution du sucre, à 80 heures, il n'y avait plus de saccharose dans le liquide tandis que, dans la série actuelle, à 105 heures, il en restait des quantités non négligeables.

L'écart le plus considérable est présenté par le tréhalose. Dans les deux cas, il y a un maximnm de cette substance dans le mycélium à 88 heures, mais ce maximum qui est de $0^{g},112$ chez le *St. Phœnicis* atteint $0^{g},239$ chez le *St. nigra*. En procédant à l'addition de toutes les valeurs notées ci-dessus, on arrive au nombre de $0^{g},246$ pour le *St. Phœnicis* contre $0^{g},449$ pour le *St. nigra*. Ici la différence est très nette, elle est presque du simple au double : mais son évolution est comparable dans les deux espèces. La comparaison avec les résultats cités antérieurement, montre que la quantité maximum de tréhalose par culture a été de $0^{g},230$ contre $0^{g},239$ dans cette nouvelle série. L'analogie entre les deux *St. nigra* que nous avons étudiés est donc confirmée par cette observation. En résumé, si les différences morphologiques qui peuvent exister entre *St. nigra* et *St. Phœnicis* ne sont pas considérables, mais cependant certaines, elles correspondent, à des variations physiologiques qui portent plus sur la valeur absolue de l'un des produits élaborés que sur son évolution.

([1]) *Rev. gén. de Bot.*, 46, 1929, p. 282.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *De la présence du manganèse dans le sucre d'érable et de canne.* Note de MM. **Paul Riou** et **Joachim Delorme**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On sait que le manganèse existe dans un très grand nombre de substances végétales. Nos expériences ont démontré la présence de ce métal dans la canne à sucre et l'érable à sucre. Nous nous sommes posé les deux questions suivantes : 1° le manganèse passe-t-il dans les jus d'extraction de la canne à sucre et est-il éliminé au cours du raffinage? 2° ce métal est-il présent dans la sève qui s'écoule normalement de l'érable au printemps?

Nous avons fait la recherche qualitative du manganèse par la méthode au bioxyde de plomb et nous l'avons dosé quantitativement par la méthode colorimétrique, en oxydant le manganèse par le persulfate de potassium en présence d'acide nitrique.

La recherche qualitative du manganèse sur plusieurs échantillons de sucres raffinés a donné des résultats négatifs.

Quant aux sucres bruts et aux sucres d'érable, voici les résultats obtenus sur des sucres de provenances différentes :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
				Sucres bruts de canne.						
Cendres (p. 100)........	0,67	0,27	0,25	0,58	0,68	–	–	–	–	–
Mn (gr. p. 100kg de sucre).	0,2	0,4	0,4	0,05	0	–	–	–	–	–
Mn (gr. p. 1kg de cendres).	0,029	0,15	0,16	0,0086	0	–	–	–	–	–
				Sucres d'érable.						
Cendres (p. 100)........	0,83	1,67	0,72	0,60	0,80	0,68	1,00	1,06	1,06	0,91
Mn (gr. p. 100kg de sucre).	12,5	5,0	1,1	1,0	10,5	12,0	3,0	4,0	4,0	3,2
Mn (gr. p. 1kg de cendres).	15	2,9	1,5	1,6	13,1	17,7	3,0	3,8	3,8	3,9

Il résulte de ces expériences que le manganèse n'existe que dans les sucres raffinés, par conséquent qu'il est éliminé au cours de la purification. Les sucres bruts de canne n'en contiennent pas ou très peu : le métal est par conséquent en grande partie éliminé par la défécation.

En ce qui concerne le sucre d'érable qui est en somme un sucre brut, nous constatons que le manganèse s'y concentre et qu'il varie dans des limites parfaitement déterminées.

Nous nous proposons dans la suite de nos recherches, de mettre au point une méthode nouvelle d'analyse du sucre d'érable, de déterminer ce que devient le manganèse au cours du raffinage et de préciser l'influence catalytique du manganèse et d'autres métaux lourds sur la formation du sucre dans les plantes saccharifères.

PHYSIOLOGIE. — *Coefficient d'éthyloxydation et métabolisme de base chez quelques espèces homéothermes.* Note de Mlle **E. Le Breton**, MM. **Maurice Nicloux** et **Georges Schaeffer**, présentée par M. Louis Lapicque.

Dès 1919, Mellanby signalait que la vitesse d'oxydation de l'alcool éthylique chez le chien était indépendante de l'alcoolémie et fixait à $0^g,15$ chez cet animal, la quantité d'alcool brûlée par kg/heure. En 1930, Widmark confirmait ce fait chez l'homme en notant toutefois que la consommation d'alcool, de même ordre, mais variable d'un sujet à l'autre, pouvait être comprise entre les chiffres extrêmes de $0^g,11$ et de $0^g,24$. Nicloux [1] enfin, employant la technique de détermination directe de la quantité d'alcool brûlé mise au point par lui en 1931, retrouvait sur la Souris blanche l'indépendance de la vitesse d'oxydation de l'alcool et de la dose administrée et, cette vitesse lui étant apparue constante, il proposait de désigner sous le nom de *cœfficient d'éthyloxydation* la quantité d'alcool consommé par kg/heure.

Ces recherches et celles plus étendues que l'un de nous poursuit en ce moment nous ont amenés à vérifier si le cœfficient d'éthyloxydation est caractéristique d'une espèce animale donnée et s'il est en rapport avec le métabolisme de base. Ces deux questions présentent d'autant plus d'intérêt qu'il est prouvé aujourd'hui [2] qu'à une température quelconque, même à celle qui correspond à la neutralité thermique, l'alcool ne présente pas d'action dynamique spécifique, bien que chez l'homéotherme et pendant un temps relativement long ce corps puisse couvrir 30 à 70 pour 100 des échanges.

---

(1) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1390. Voir également *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **13**, 1931, p. 857-918; on trouvera dans ce Mémoire la bibliographie.

(2) Comme cela résulte d'expériences faites sur l'homme (Durig et ses élèves; Bornstein et Loewy, etc.) et plus récemment sur les animaux (E. Le Breton et G. Schaeffer, *Comptes rendus*, **197**, 1934, p. 1066).

Le premier problème à résoudre était de savoir quelles conditions réaliser pour procéder aux déterminations de la consommation d'alcool. Si, pour les auteurs que nous avons cités, la vitesse d'oxydation de l'éthanol a paru indépendante de l'état physiologique du sujet, il n'en est pas moins vrai, ainsi qu'il résulte de recherches récentes poursuivies par l'un de nous ([1]), que différents facteurs peuvent la modifier, par exemple, la nature des aliments, consommés durant la combustion. D'autre part, les homéothermes ne peuvent être comparés, quant à la grandeur de leur consommation d'énergie, qu'en les plaçant strictement dans les conditions du métabolisme de base et quoiqu'on exprime la valeur de celui-ci par un nombre caractéristique pour une espèce donnée, ce nombre n'est en définitive qu'une moyenne; c'est dire que les divers individus s'en écartent et les diverses races dans une même espèce beaucoup plus largement encore. *A priori*, les valeurs du coefficient d'éthyloxydation à l'intérieur d'une même espèce ne sauraient donc être plus étroitement groupées que celles du métabolisme basal lui-même.

Les animaux, si possible de même race ou d'une même souche, mâles adultes, reçoivent, dans les 48 heures qui précèdent l'expérience, une alimentation purement hydrocarbonée et, 2 à 3 heures avant l'injection d'alcool, du glucose à la sonde à raison de 2^{g} par kilogramme environ. Cette précaution est prise pour qu'au moment où l'alcool est introduit dans l'organisme il se substitue toujours au même aliment. L'animal est maintenu, selon les espèces, 8 à 24 heures avant l'expérience à la température de neutralité thermique à l'obscurité et dans les cages ne permettant que de faibles mouvements. L'alcool est toujours injecté par voie péritonéale dans du liquide de Ringer, à la concentration de 20 pour 100 ([2]) et la dose de 1^{g},5 par kilogramme de poids. Chez toutes les espèces la diffusion est assez rapide dans ces conditions pour que la quantité résorbée puisse facilement couvrir les échanges. Un dispositif de cage étanche permet de recueillir la totalité de l'alcool des émonctoires (urinaire et pulmonaire). L'expérience dure de 1 heure 30 à 2 heures; l'animal est alors sacrifié, broyé dans une solution saturée à froid d'acide picrique; l'alcool est distillé et dosé. L'alcool consommé s'obtient en retranchant de la quantité injectée la quantité retrouvée dans l'organisme, à laquelle on ajoute l'alcool venant des émonctoires. (Technique de Nicloux, *loc. cit.*). L'expérience est enfin complétée par la détermination du métabolisme de base soit sur les mêmes individus, soit sur d'autres de même espèce.

Le tableau suivant résume nos expériences :

([1]) E. Le Breton, *Soc. Biol.*, **116**, 1934, p. 82; **117**, 1934, p. 709; **118**, 1935, p. 62.

([2]) La nécessité de prendre en considération le mode d'introduction de l'alcool, et par suite sa vitesse de diffusion, pour étudier sa vitesse d'oxydation a été établie dans le détail (E. Le Breton, *Soc. Biol.*, **117**, 1934, p. 104).

	Poids en grammes.	Métabolisme basal (cal-kg/h).	Coefficient d'éthyloxydation (mg-kg/h).	Écarts maxima pour 100.	
Souris blanche (races variées)...	18- 28	8 -12	550(14)	+27	-23
Rat blanc (souche Wistar).....	200- 400	3,6- 5	270(17)	+11	- 7
Cobaye (races variées)........	400- 800	2,8- 3,5	209(6)	+29	-20
Lapin (races variées)..........	2300-3800	1,6- 2,3	176(5)	+26	-14
Pigeon (races variées).........	230- 350	4 - 5	287(6)	+22	-12
Coq Leghorn blanc............	1900-2350	2,5- 3	308(6)	+ 5,5	- 2,6

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de déterminations.

Conclusion. — Les conditions dans lesquelles il faut se placer pour déterminer le métabolisme de base et le coefficient d'éthyloxydation étant strictement observées, les homéothermes étudiés ici se classent, dans 5 cas sur 6, d'après leur vitesse d'oxydation de l'alcool exactement dans l'ordre où les place l'intensité de leurs échanges. Le sixième cas présente un écart notable qui reste à expliquer.

PHARMACOLOGIE. — *Études comparatives sur certains effets physiologiques du venin de cobra filtré et non filtré. Les meilleures conditions pour l'expérimentation des venins.* Note de MM. **Nicolas T. Koressios**, **Henri Tillé** et **Jean Chassang**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

L'un de nous a décrit avec Arthur Vernes [1], Laignel-Lavastine et Mlle Lise Würmser [2], Bailliart [3], Tillé [4], l'action physiologique du venin de cobra, en particulier sur la circulation périphérique et sur les capillaires du fond de l'œil.

Cette action, obtenue avec un venin de cobra non filtré aux doses d'un cinquantième de milligramme, est mise en évidence par les tests physiologiques et objectifs suivants :

1° abaissement de la tension artérielle intra-carotidienne du lapin,

---

(1) Arthur Vernes et N. T. Koressios, *Bulletin Médical*, 20 janvier 1934, p. 35.

(2) Laignel-Lavastine, N. T. Koressios et Mlle Lise Würmser, *Bull. et Mém. de la Soc. Méd. des Hôp. de Paris*, n° 11, 2 avril 1934, p. 487.

(3) Bailliart et N. T. Koressios, *Bull. Société d'Ophtalmologie de Paris*, séance du 21 avril 1934, p. 240.

(4) H. Tillé et N. T. Koressios, *Ann. Inst. Prophylactique*, 7, n° 1, 1er trimestre 1935, p. 54.

obtenue même après section des vagues, ou après atropinisation du lapin, aux doses d'un cinquantième de milligramme par kilogramme d'animal;

2° élévation de la pression artérielle rétinienne des sujets présentant des lésions des capillaires de leur fond d'œil, dans la majorité des cas;

3° phénomène de la fibrillation musculaire, obtenue chez l'homme immédiatement après l'injection de venin aux doses d'un cinquantième de milligramme;

4° abolition pendant une demi-heure de l'hippus physiologique, chez l'homme normal, spécialement chez les hyperorthosympathiques;

5° augmentation de l'acuité visuelle, dix minutes après l'injection d'un cinquantième de milligramme de venin, chez des sujets présentant des lésions des capillaires de leur fond d'œil.

Nous avons recherché si ces mêmes phénomènes physiologiques étaient obtenus avec du venin de cobra filtré sur bougie Chamberland n° 3.

En employant des dilutions de venin de cobra filtré, à des doses de 1/20e, 1/10e et 1/5e de milligramme, nous avons constaté :

1° l'absence d'abaissement net de la pression artérielle intra-carotidienne du lapin;

2° une élévation moins constante de la pression artérielle rétinienne chez le sujet pathologique;

3° l'absence ou la très grande diminution du phénomène de la fibrillation musculaire chez le sujet normal;

4° l'abolition inconstante de l'hippus physiologique chez le sujet normal;

5° l'augmentation moins constante de l'acuité visuelle chez le sujet pathologique.

On est donc conduit à admettre que la filtration du venin de cobra sur bougie Chamberland n° 3 diminue d'une façon incontestable l'action vasculaire de celui-ci.

Nous rappelons également ce qui suit, à propos des nombreuses expérimentations qui se font avec les venins :

1° l'action toxique des venins n'entre pas seule en ligne de compte pour expliquer tous les effets thérapeutiques de ceux-ci;

2° il importe de déterminer, pour chaque venin, par une expérimentation prudente, non seulement les doses de chaque *nouveau* venin que l'on emploie (par exemple, crotale, *Lachesis atrox*, etc.), mais aussi l'intervalle de temps compris entre chaque injection;

3° il faut choisir, pour son expérimentation, des sujets non soumis à un autre traitement (à la curiethérapie par exemple). En effet :

a. Les applications de radium provoquent une irritation des régions irradiées.

b. Cette action, favorable ultérieurement, peut s'accompagner d'une recrudescence momentanée des douleurs.

c. Le venin de cobra agit, soit par un mécanisme vasculaire (diminution des œdèmes), soit par action sur les terminaisons nerveuses (action neurotoxique).

d. Il est normal d'attendre la disparition de toute irritation afin d'intervenir utilement sur l'élément douleur.

Conclusions. — 1° Le venin de cobra non filtré possède des propriétés physiologiques, et en particulier *vasculaires* déterminées par des tests physiologiques et objectifs précis;

2° le filtrage du venin de cobra lui fait perdre ces qualités ou les diminue notablement;

3° il importe de déterminer pour chaque nouveau venin, une posologie nouvelle et des règles précises quant à l'espacement des injections;

4° il faut choisir, pour tout traitement expérimental, des sujets qui ne sont pas soumis simultanément à un traitement par le radium.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude du rapport argon/azote des gaz naturels.* Note de M. **Marcel Geslin**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Certains gaz spontanés, provenant de houilles, de pétroles, d'eaux thermales ou minérales [1], présentent, relativement aux mêmes rapports pris dans l'air, des rapports Ar/N^2 inférieurs à l'unité. Nous avons cherché une des causes de la diminution de ce rapport dans une augmentation possible de l'azote, suivant les vues générales émises récemment par M. A. Lepape [2].

Quatre flacons de 2 litres ont été à moitié remplis avec de l'eau de source (non renouvelée pendant 15 jours) provenant d'un aquarium en service.

(1) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1533; 153, 1911, p. 1043. Ch. Moureu, *Journ. Chimie physique*, 11, 1913, p. 63 à 153.

(2) A. Lepape, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1643.

Après l'adjonction de plantes aquatiques, de poissons, de radium, etc., suivant les indications des tableaux ci-dessous, nous avons bouché et retourné les flacons sur un joint hydraulique lorsque l'équilibre de température fut réalisé.

	I.	III.	II.	IV.
Air ($0°$-760^{mm}) (cm^3)	949	945,5	992,6	950
Eau de l'aquarium (cm^3)	1047	1043	1094	1408
Plantes aquatiques (gr.) *Sphagnum*	6,5	6,5	6,5	6,5
Plantes aquatiques (gr.) *Elodea*	1,4	1,4	1,4	1,4
Plantes aquatiques (gr.) Total	7,9	7,9	7,9	7,9
Terre sèche (gr.)	10	10	10	10
Radium (10^{-9} gr.)	419	néant	419	néant
Cyprinus auratus (gr.)	13,6	10,8	–	–

	Aspect des poissons.			
Origine : 6 août 1933, 18^h.				
7 août 1933 ouies	gonflées	normales	–	–
8 août 1933, 10^h	mort	mort		
12 août 1933 le corps	surnage	tombe au fond	–	–
20 août 1933, mise à l'obscurité	formation d'un dépôt noir		–	–
17 octobre 1933	formation importante de gaz; les gros cartilages subsistent seuls		–	–

	I.	III.	II.	IV.
Composition des gaz à l'origine :				
Oxygène libre ($0°$-760^{mm}) (cm^3)	199,2	198,5	208,5	199,5
Oxygène dissous	6,5	6,5	6,8	6,2
Azote	750	747	784	750,6
Radon après 36 heures (m. μ. c.)	97,6	0	97,6	0
Composition des gaz 1 an après (août 1934) :				
Oxygène ($0°$-760^{mm}) (cm^3)	0	0	0	0
Azote	1122	889,7	809,5	766,7
Anhydride carbonique	320,3	242,1	131,8	118
Gaz combustibles	409	410,8	134,4	115
Total	1851	1542	1076	999,6
Augmentation des gaz :				
Azote ($0°$-760^{mm}) (cm^3)	372	142,7	25,3	16,1
Anhydride carbonique	320,3	242,1	131,8	118
Gaz combustibles	409	410,8	134,4	115
Total	1101,4	795,6	291,5	249
Oxygène utilisé à la formation de CO^2.	233	176	96	86

Moyennes de deux combustions eudiométriques des gaz combustibles :

	I.	III.	II.	IV.
Contraction/gaz combustibles	2,90	2,53	2,10	2,27
Anhydride carbonique/gaz combustibles	1,32	1,13	1,07	1,11
Oxygène utilisé/gaz combustibles	3,22	2,66	2,21	2,37

	Poissons ([1]).		Plantes.
Gaz formés par gramme de matière :			
Azote (0°-760^{mm}) (cm^3)	25,8	11,3	2,62
Anhydride carbonique	14,34	10,83	15,82
Gaz combustibles	20,88	26,48	15,82
CO^2 correspondant aux gaz combustibles	27,42	30	17,24
Total	61	48,6	34,3
Oxygène utilisé à la formation de CO^2	10,5	8	11,4
Gaz en grammes pour 100g de matière :			
Azote	3,2	1,4	0,33
Carbone (du CO^2 formé et correspondant aux gaz combustibles) (gr.)	2,25	2,2	1,78
Oxygène utilisé à la formation de CO^2	1,5	1,15	1,64
Composition élémentaire moyenne d'après les teneurs moyennes pour 100 en matières protéiques, grasses et hydrocarbonées ([2]) :			
Azote (gr. pour 100g)	3,21		0,30
Carbone	23		8,9
Hydrogène	3,3		1,3
Oxygène	6,8		1,9

Il paraît résulter de ces expériences que :

1° la combustion globale des gaz combustibles est voisine de celle du méthane : les rapports eudiométriques sont compris entre ceux fournis par le méthane et ceux obtenus avec l'éthane ;

2° l'augmentation de l'azote, sensiblement plus grande et plus rapide en présence de radium, doit provenir de la destruction des matières protéiques des animaux et des plantes ;

3° des plantes aquatiques ou semi-aquatiques, plus évoluées que les *Sphagnum* (qui en tombant au fond des marais constitueront ultérieurement la majeure partie de la tourbe), devront fournir une quantité d'azote comprise entre 0g,3 et 3g,5 par 100g de matière ;

4° les gaz provenant de la destruction naturelle des organismes, d'origine animale ou végétale, seront susceptibles de présenter un rapport Ar/N^2 inférieur à ce même rapport pris dans l'air.

([1]) Déduction faite des chiffres moyens obtenus pour les plantes.

([2]) A. Desgrez, *Précis de Chimie médicale*, p. 286 et 294. J.-B. Baillière, 1921.

CULTURE DES TISSUS. — *L'entoblaste vitellin se comporte* in vitro *comme une glande mérocrine sécrétant un produit comparable au vitellus.* Note de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. Félix Mesnil.

On n'attribue à l'entoblaste vitellin de la vésicule ombilicale du Poulet, considéré en dehors du sinus terminal, que la fonction de digérer le vitellus. Toutefois A. Branca [1] était arrivé à cette conclusion que l'entoblaste vitellin de la vésicule humaine a une activité sécrétoire « en rapport avec l'absorption du vitellus, avec sa transformation et avec l'excrétion du deutoplasme ainsi modifié ». Cet auteur a insisté sur le fait que la signification de la vésicule ombilicale (humaine) devait être précisée notamment par l'expérimentation. Il semble que la culture des tissus permette d'aborder un tel problème.

J'ai obtenu antérieurement la culture pure de l'épithélium entoblasto-vitellin de la vésicule ombilicale chez l'embryon du Poulet. Cet épithélium croît très rapidement et digère bien vite les grosses inclusions vitellines dont il est chargé et qu'on considérait jusqu'ici comme traduisant seulement un phénomène d'absorption. Dans une série de recherches, je me suis attaché à l'étude cyto-physiologique des transformations de ce tissu.

On sait que l'activité élaboratrice des cellules est en raison inverse de leur vitesse de multiplication. La suppression des facteurs de croissance dans les cultures de tissus met celles-ci dans des conditions favorables à l'activité élaboratrice. Cultivons donc notre épithélium seulement sur un coagulum de plasma.

1° Mesurons les inclusions de vitellus. Avant d'être digérées, celles-ci augmentent de taille.

2° Observons et photographions les cellules épithéliales : elles libèrent pendant plusieurs jours de nombreux grains et des inclusions plus ou moins grosses de vitellus ; ce vitellus libre peut s'accumuler en amas ou former un halo autour de la culture.

Mais l'évolution normale des cultures d'entoblaste vitellin permet de donner une démonstration expérimentale du fait que je veux signaler. Les cellules épithéliales, au cours des passages successifs, se transforment

(1) Voir surtout *Journ. Anat. et Physiol.*, 49, 1913, p. 1-40, 171-211, 383-407.

en fibrocytes [1] qui digèrent totalement le vitellus dont ils pouvaient être chargés. Après le 6e passage, ils en sont généralement dépourvus. Cultivons de tels fibrocytes, entre les 11e et 45e passages, soit dans un coagulum de plasma en flacon de Carrel sans extrait d'embryon, en les nourrissant seulement avec du plasma hépariné (technique d'Albert Fischer), soit simplement dans une goutte pendante de plasma. Nous obtenons *toujours* le phénomène suivant, qui a été observé à l'état vivant, puis étudié par les méthodes histologiques et photographique, enfin enregistré par le cinématographe.

3° Lorsque la colonie tend vers sa croissance limite, les fibrocytes, qui étaient complètement dépourvus de vitellus, élaborent près du noyau de petits grains qui deviennent de plus en plus nombreux et grossissent. Ces grains, d'abord basophiles, sont ensuite surtout lipoïdiques. Ils sont accumulés principalement dans la partie de la cellule dirigée du côté de l'explant. Cette partie est bientôt complètement remplie. Son extrémité s'arrondit. Elle est devenue morphologiquement un pôle excréteur. Les grains sont libérés, soit isolément, soit par petits groupes de grains agglutinés, soit enfin rassemblés dans des inclusions souvent de grande taille. La cellule continue à sécréter des grains analogues, tandis qu'elle en libère d'autres. Ce fonctionnement est celui d'une glande mérocrine. Les résultats de l'étude cytologique de la genèse de ces grains, de leur structure histo-chimique, seront décrits. Je mentionnerai qu'ils sont formés par un complexe de couleur jaune dorée dans lequel on peut mettre surtout en évidence : des lécithines, des protéines et du fer. Il s'agit de grains tout à fait comparables au vitellus.

De plus, ces grains et inclusions peuvent être digérés par la cellule même qui les crée. Ceux qui restent accumulés au pôle excréteur finissent par l'être complètement. On trouve à nouveau des stades de digestion semblables à ceux qui ont été étudiés dans les cultures épithéliales après le prélèvement sur l'embryon.

Conclusions. — La cellule entoblasto-vitelline fait preuve *in vitro* d'une véritable fonction mérocrine. Cette cellule glandulaire, non seulement est capable d'élaborer les diastases nécessaires à la digestion du vitellus, mais aussi un produit comparable au vitellus lui-même. Il est bien probable qu'il en est de même *in vivo*.

---

[1] Voir surtout *Arch. f. exper. Zellforsch.*, 15, 1934, p. 131-148.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *L'ablation de la vessie natatoire des Poissons physostomes*. Note de M. **Étienne Rabaud** et Mlle **Marie-Louise Verrier.**

Quand on prive de sa vessie natatoire un Poisson physostome, on ne modifie pas son comportement de façon appréciable. Gouriet l'a affirmé dès 1866; nous l'avons constaté, en ces dernières années, plus de cent fois sur des Physostomes appartenant aux espèces les plus diverses, marines ou d'eau douce (1).

Nous n'avons pas négligé l'objection faite à Gouriet, que la vessie natatoire extirpée laisserait une partie de son contenu dans le corps du Poisson. Bien que ne tenant pas l'objection pour valable, nous avons toujours opéré de façon à faire évacuer le gaz, avant l'excision, par l'extrémité postérieure tenue hors de la cavité du corps. Cette cause d'erreur écartée, et nous entourant des précautions d'usage, nous éliminions la vessie seule et pouvions, en toute sécurité, lui rapporter les modifications consécutives à sa suppression, s'il s'en produisait.

A son tour, M. Meierhans (2) fait l'expérience. Sans s'arrêter sur l'attitude des Poissons opérés, ce qui est pourtant le point principal, il les soumet, une fois guéris, à la décompression. Il constate, à ce moment, qu'ils se comportent « comme des individus à canal pneumatique ligaturé ». Surpris par ce résultat, il ouvre les Poissons sous l'eau et voit se dégager « quelques centimètres cubes de gaz »; il n'hésite pas à penser que ce gaz vient « très probablement » de la vessie, et il cherche un moyen d'éviter cette cause d'erreur. Il soumet alors des Poissons à la décompression, de façon à vider leur vessie, ce qui lui permet de l'enlever « sans la déchirer » (3). Les Poissons sont alors soumis à la décompression, et celle-ci ne provoquerait plus d'émission gazeuse.

Bien que M. Meierhans n'indique pas le temps écoulé entre les deux décompressions, de son texte résulte qu'elles se succèdent à très court intervalle. L'expérimentateur aurait donc méconnu l'une des règles essentielles

(1) Nous avons montré, le 27 février 1935, à la *Société zoologique*, un lot de Carassins, d'Anguilles et de Poissons-chats correctement cystectomisés et à comportement normal.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 859.

(3) Opération difficile, vu les adhérences de la vessie à la base du crâne, et qui implique d'assez sérieux délabrements si l'on veut être sûr de ne pas « déchirer ».

de la méthode expérimentale, celle qui consiste à ne pas prendre pour acquis ce qu'il faut justement démontrer. Prétendant prouver que tout le gaz émis par un Physostome vient exclusivement de la vessie, M. Meierhans se met dans l'impossibilité de savoir s'il n'a vidé que la vessie. De toutes façons, la technique est défectueuse; quoi qu'il arrive, la décompression ne porte pas seulement ses effets sur la vessie, de sorte que le comportement ultérieur du Poisson peut se trouver faussé.

Toutefois, en présence des affirmations de M. Meierhans, nous venons de refaire quelques essais en prenant des précautions supplémentaires. Pour vider la vessie, nous avons aspiré le gaz avec une seringue, et de telle manière que nulle trace de ce gaz ne puisse pénétrer dans la cavité générale. Puis nous avons excisé la vessie : deux *Carassius auratus*, opérés sans anesthésie, et deux *Leuciscus rutilus*, opérés après légère anesthésie, ont repris, en quelques heures, leur allure normale.

Tel est le fait *fondamental*, sur lequel nous maintenons, *sans réserves*, toutes nos conclusions. Il règle entièrement la question du rôle de la vessie natatoire, en même temps que celui de la chaîne de Weber; il permet d'affirmer (¹) qu'un Physostome qui, après décompression, tombe lourdement au fond et y demeure, a perdu plus de gaz que n'en renfermait sa vessie. Cela ne saurait surprendre, bien au contraire; nul n'ignore que le sang contient, en quantité, des gaz dissous, ceux qui gonflent la vessie en proviennent, au moins en partie; de plus, les branchies sont une surface sanguine très largement développée, au niveau de laquelle s'effectuent des échanges gazeux particulièrement actifs. Au cours des décompressions de Physostomes normaux se produisent une hyperhémie intense, une exophtalmie plus ou moins accusée, mais toujours marquée, une dilatation abdominale, faits que M. Meierhans a certainement vus, bien qu'il ne les signale pas. Chacun sait, également, qu'une dépression suffisamment forte libère les gaz dissous dans le sang. Et, certainement, nous n'étions pas dupes d'une illusion quand nous voyions des bulles gazeuses émises par des Poissons physoclistes ou sans vessie (normaux et artificiels) *avant toute montée en surface*.

Récemment, d'ailleurs, au cours d'une démonstration, nous avons observé le départ d'une bulle de gaz par la plaie d'un *Carassius auratus* à vessie extériorisée et soumis à la trompe à eau. D'où venait cette bulle?

(¹) Sans préjudice de nos protocoles d'expériences, que nous venons de repasser en revue.

nous l'ignorons; mais elle ne représentait évidemment pas le résidu d'une vessie mal vidée. Qu'il en soit ainsi en d'autres circonstances, M. Meierhans en fournit la preuve. Autopsiant, en effet, sous l'eau, des Poissons cystectomisés, il voit s'échapper de l'abdomen « quelques centimètres cubes de gaz ». Or le chiffre qu'il donne comme représentant le contenu gazeux de la vessie du *Carassius auratus* n'atteint pas 1^{cm^3} (1). Ce chiffre correspond à peu près aux mesures que nous avons prises : 0,5 pour des *Carassius auratus* longs de 8^{cm}, et 1,5 pour des *Leuciscus rutilus* longs de 11^{cm}. La correspondance des chiffres indique que la pression du gaz inclus dans la vessie ne dépasse guère la pression normale; par suite, il est impossible que les « quelques centimètres cubes » enclos dans la cavité générale des *L. rutilus* sans vessie soient le *résidu* de l'évacuation d'un réservoir qui, à l'état de réplétion, n'en contient pas deux. D'évidence, ce gaz avait une origine extra-vésicale.

Et cette conclusion, qui s'impose, fait doublement regretter que M. Meierhans donne si peu de renseignements sur le comportement des Poissons privés de vessie, non encore soumis à la décompression, et en quoi ce comportement diffère du comportement normal.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Courbes spécifiques de décharge des tissus animaux, cancéreux et normaux, chargés électriquement.* Note de Mlle **Dinah Abragam**, présentée par M. Charles Achard.

Un échantillon du tissu à étudier est mis en contact avec deux électrodes de cuivre et traversé pendant deux minutes par un courant constant de 15 milliampères, fourni par une dynamo débitant sous 150 volts.

Puis, le courant étant interrompu, on relie le tissu, par l'intermédiaire des électrodes de cuivre que l'on a eu soin de ne pas déplacer, à un milliampèremètre. On observe alors un courant de décharge, le tissu fonctionnant comme un véritable accumulateur.

Le courant maximum observé est de l'ordre du 1/10e de milliampère. On trace la courbe représentative des variations de ce courant en fonction du temps, pour une durée totale de 60 minutes, en commençant le tracé 30 secondes après l'interruption de la charge.

Les expériences, au nombre d'environ un millier, ont porté sur divers

(1) Quelle que soit, d'ailleurs, la signification exacte des divers chiffres indiqués.

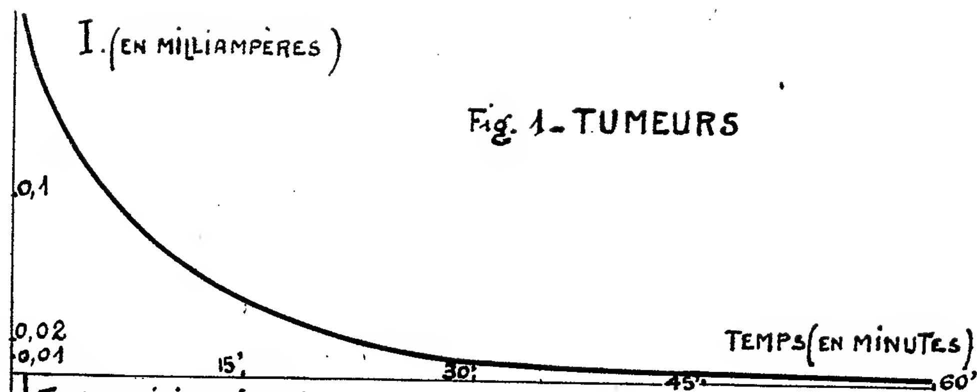


Fig. 1 - TUMEURS

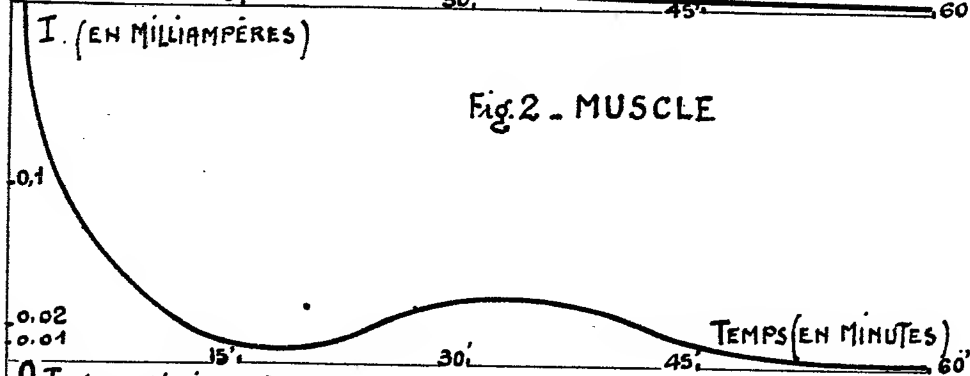


Fig. 2 - MUSCLE

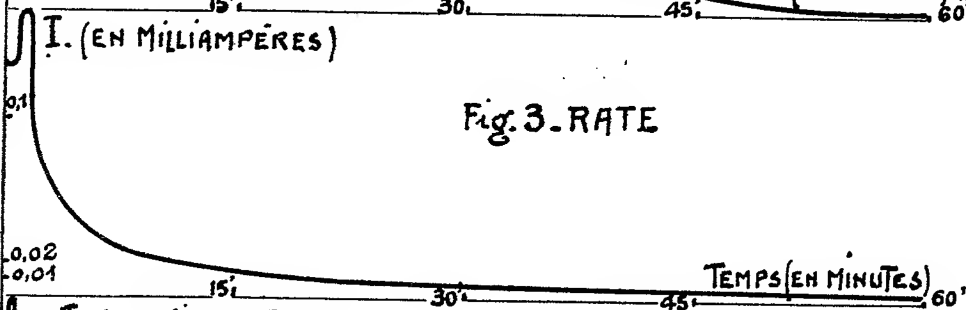


Fig. 3 - RATE

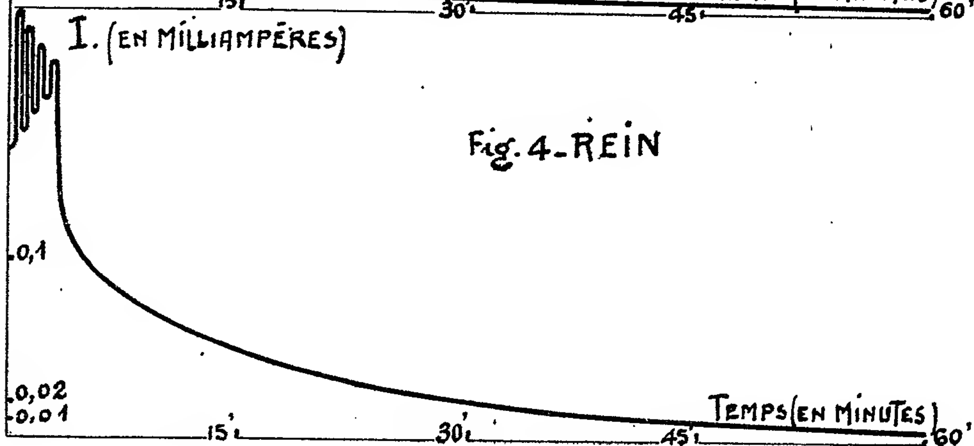


Fig. 4 - REIN

tissus normaux du rat, de la souris, du bœuf, du mouton, du cheval, du veau, du porc et sur des tumeurs malignes du rat et de la souris : sarcomes de Jensen, sarcomes polymorphes, tumeurs de l'utérus, etc.

Les résultats de ces expériences montrent que l'allure des courbes est constante pour un tissu déterminé, quel que soit l'animal d'origine; elle varie, par contre, avec la nature du tissu expérimenté.

Les courbes fournies par les tumeurs (*fig.* 1) ne présentent jamais d'aspérité. Les courbes des tissus normaux, dont quelques-unes sont publiées ici (*fig.* 2, 3 et 4), présentent des maxima et des minima caractéristiques.

SPECTROCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le rayonnement infrarouge qu'émettent par fluorescence les feuilles vertes frappées par la lumière.* Note [1] de M. **Charles Dhéré** et Mlle **Anne Raffy**, présentée par M. Louis Lapicque.

Quand on photographie un paysage en utilisant une plaque sensibilisée pour le proche infrarouge (700 à 800$^{m\mu}$) et en éliminant (par un filtre optique) les radiations de plus courtes longueurs d'onde, on constate que le feuillage vert apparaît avec un aspect lumineux tout à fait frappant, qui a été attribué jusqu'à présent à la propriété de la chlorophylle de réfléchir très fortement la lumière infrarouge. L'étude spectrographique que nous venons de faire montre qu'il s'agit en réalité d'une fluorescence infrarouge; et, puisque le phénomène est physiologique, il semble superflu d'insister sur l'importance que présente cette notion nouvelle dans l'étude des fonctions chlorophylliennes.

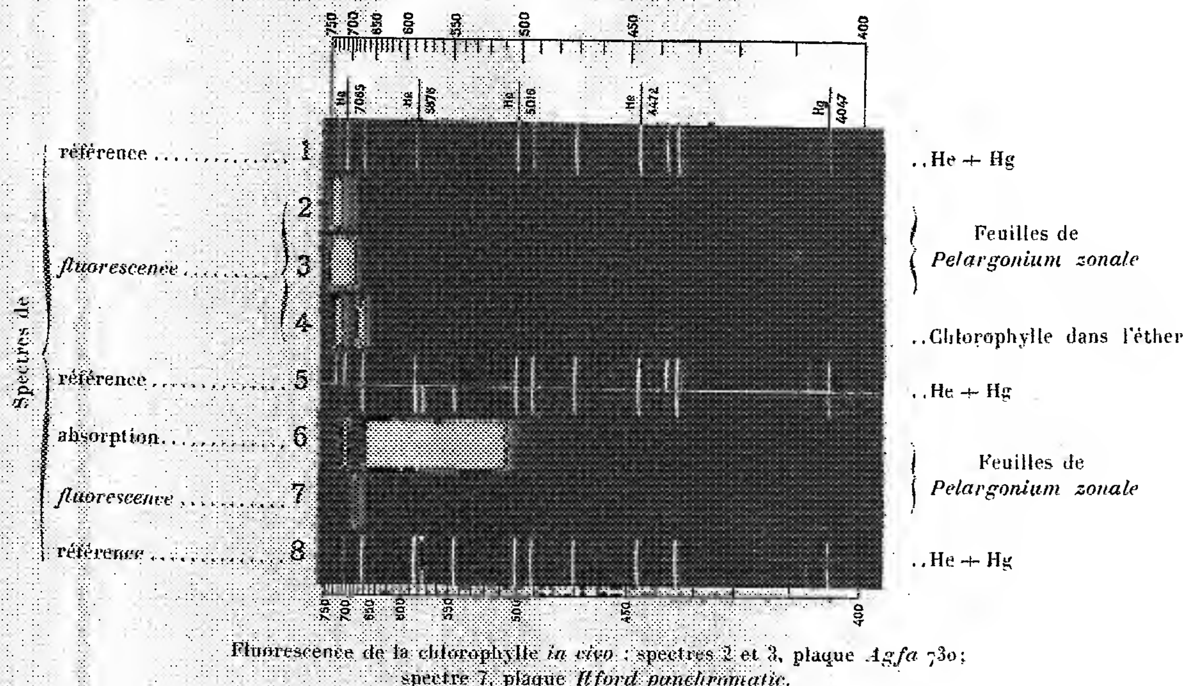
Les spectres 2, 3 et 7 de la figure ci-après ont été fournis par des feuilles vivantes irradiées avec des rayons exclusivement bleus, violets et ultraviolets [2]. Des expériences de contrôle, nombreuses et diverses, ont établi définitivement que, dans les conditions expérimentales adoptées, des rayons infrarouges simplement réfléchis ne pouvaient intervenir. Tandis qu'avec

---

(1) Séance du 11 mars 1935.

(2) On utilisait la face inférieure de feuilles cueillies environ une demi-heure avant la spectrographie, et laissées dans l'intervalle à l'abri de la lumière, comme l'a recommandé, pour l'examen de la fluorescence *visible*, H. Kautsky, *Biochem. Zeitschr.*, **274**, 1934, p. 423. La surface irradiée était fréquemment renouvelée au cours de la pose (feuille placée entre deux tubes à essais disposés concentriquement).

une plaque panchromatique ordinaire, on n'enregistre que la bande bien connue dans le rouge (spectre 7), avec la plaque spéciale Agfa 730, on observe une seconde bande d'émission, fort intense, située dans l'extrême rouge (infrarouge).



Fluorescence de la chlorophylle *in vivo* : spectres 2 et 3, plaque *Agfa* 730 ; spectre 7, plaque *Ilford panchromatic*.

Temps de pose.

	2.	3.	4.	7.	6 (absorption).
Minutes	15	30	5	30	3 heures [lampe à incandescence ordinaire (sans écran)]

Notons d'abord que le spectre 4 est celui d'une solution, dans l'éther éthylique, de chlorophylle brute préparée par broyage (pendant une minute) d'une feuille de Pélargonium fraîche, immédiatement avant le début de la spectrographie. On remarque que les deux bandes de fluorescence sont nettement décalées vers l'orangé par rapport aux spectres 2 et 3.

Avec la plaque panchromatique (spectre 7) la bande de fluorescence dans le rouge de la chlorophylle *in vivo* a pour axe λ 680 environ, en ne considérant que la bande forte (chlorophylle *a*) sans les lueurs; avec la

plaque Agfa 730, l'axe de la même bande est sur λ686 environ : écart imputable partiellement à la différence de sensibilité chromatique des deux plaques dans cette région spectrale ([1]).

Examinons maintenant la bande de fluorescence, si large et si forte, qui se trouve à la frontière du rouge et de l'infrarouge. Nous constatons que son axe, pour la feuille vivante, coïncide avec $\lambda 738^{m\mu}$ environ (limites 761 et 715); et cette détermination est probablementbien exacte, puisqu'elle a été obtenue avec une plaque possédant son maximum de sensibilité au voisinage de λ730.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Tension interfaciale statique en fonction de la concentration d'alcali dans la saponification de l'huile.* Note de M. J. Wajzer, présentée par M. Louis Lapicque.

Depuis les recherches de Bancroft ([2]) et de Clowes ([3]), on sait qu'une inversion de phases se produit dans des émulsions d'huile d'après le rapport d'ions mono- et divalents dans la phase aqueuse. Ce phénomène est intéressant pour les biologistes, car il peut donner un modèle de la membrane cellulaire. En vue de la connaissance précise de ce modèle, nous avons étudié les tensions interfaciales entre des solutions aqueuses de NaOH de différent titre et l'huile d'arachide, additionnée de quantités connues d'acide oléique. Les mesures ont été prises à l'aide du tensiomètre interfacial de M. Lecomte du Noüy, toujours 15 minutes après l'étalement de l'huile sur la solution aqueuse. La courbe IV de la figure représente les tensions interfaciales en dynes.cm, mesurées sur une huile additionnée de 1 pour 100 d'acide oléique, en fonction des logarithmes de la concentration normale de NaOH.

La courbe comprend un palier AB à 20 dynes.cm, un autre, CD, à 12,8 dynes.cm, qui correspondent aux tensions interfaciales de l'huile (20) et de l'acide oléique (12,8) au contact de l'eau : la surface de séparation, constituée de triglycérides en AB, doit être formée par l'acide oléique en CD. A partir de G, la tension reste à 0 : tension d'un corps soluble dans l'eau,

---

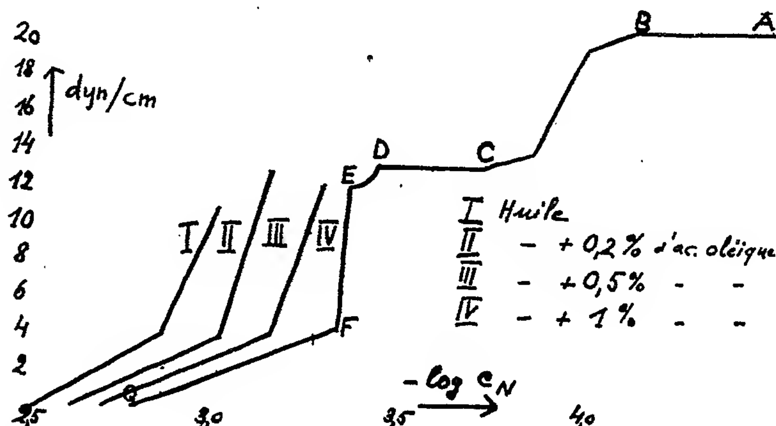
([1]) Interposition dans tous les cas, sur le trajet de la lumière fluorescente, d'un filtre rouge parfaitement transparent pour les rayons de $\lambda > 645^{m\mu}$.

([2]) *Journ. of Physical Chem.*, 17, 1913, p. 501.

([3]) *Ibid.*, 20, 1916, p. 407.

qui est l'oléate de soude. Entre E et F, nous n'avons pas rencontré de valeurs intermédiaires (5-10 dynes.cm), la chute correspondant au début de la saponification, est brusque.

L'allure de la courbe CDEF paraît être due à des conditions spéciales d'équilibre : quelques essais ont montré l'intervention du facteur temps dans ce phénomène, qui ne peut être mis en évidence par une méthode dynamique. Cette allure reste la même pour les concentrations de 0 à 3 pour 100 d'acide oléique. Mais entre 0 et 1 pour 100, les courbes sont



décalées vers la droite (la concentration d'acide oléique augmentant), pour revenir ensuite à gauche, de façon que la courbe de 3 pour 100 se confonde à peu près à celle de 0,2 pour 100 dans la partie A — F.

En opérant par une méthode statique, et sur une échelle serrée de concentrations, nous avons donc pu mettre en évidence l'existence du palier CD d'acide oléique sur le parcours BF, jusque-là considéré comme rectiligne.

En F, la concentration de NaOH était 25 fois inférieure à celle qui serait nécessaire pous saponifier toute la quantité d'acide oléique ajoutée; la saponification ne peut donc être que superficielle. Le pH était > 8. La chute de la tension interfaciale ne correspond donc ni à la saponification quantitative ni à la neutralité ionique.

La partie suivante de la courbe FG, est rectiligne sur tous les tracés. Ce fait permet de calculer de façon extrêmement simple la concentration de la couche de Gibbs. En transformant $-d\gamma/d\log c = \text{const.}$, on a $-c\,dc/d\gamma = \text{const.}$

Ceci étant la variable de l'équation de Gibbs, il s'ensuit que la concen-

tration de la couche absorbée, et par suite, la surface occupée par un ion Na, est constante.

Concentration d'acide oléique pour 100...	0	0,2	0,5	1	3
Surface en A^2........................	83	97	110	127	116

Ce raisonnement porte uniquement sur la concentration en NaOH; il est indépendant de la nature chimique des molécules constituant la phase non aqueuse de la surface de séparation. Si chaque ion Na se trouve en face d'un ion d'acide oléique saponifié par lui, il en résulte que les dipoles ainsi formés sont loin d'être juxtaposés; les molécules constituant la surface de séparation peuvent se déplacer, les unes par rapport aux autres. Par définition, cet état correspond à l'état gazeux, ou mieux encore, dans notre cas particulier, à l'état de vapeur au contact de son liquide. Il en va de même, si un autre acide gras contenu dans l'huile d'arachide se trouve au contact de la phase aqueuse, l'aire occupée par une molécule de ces acides étant sensiblement la même. Or, si le savon sodique, qui a tendance à s'enrichir à la surface, ne forme pourtant qu'un film gazeux, ce film est nécessairement monomoléculaire.

Avec la solution benzénique d'acide oléique, l'allure de la courbe est semblable, mais moins accentuée, à cause de l'agitation thermique, provoquée par l'évaporation. En laissant s'évaporer une solution benzénique ou éthérique d'acide oléique, on retrouve, avec la couche abandonnée, essentiellement la même courbe qu'avec la solution huileuse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La réserve alcaline, le* pH *et la mue des Crustacés brachyoures.* Note de Mme **Andrée Drilhon**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Nous avons montré (¹) que le calcium sanguin circulant subit, à l'époque de la mue, chez *Maia Squinado*, une élévation brusque de son taux, suivie d'une décroissance régulière jusqu'à la constitution définitive de la nouvelle carapace.

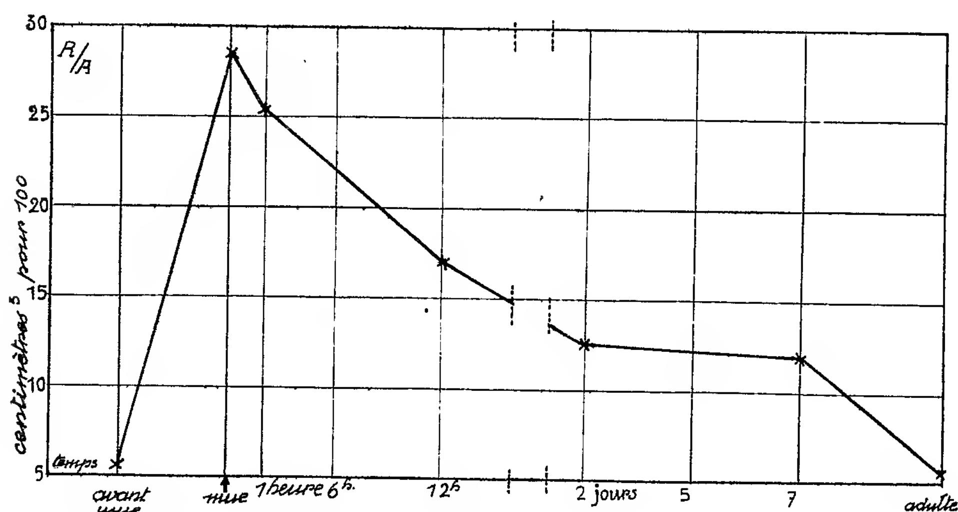
Sur ces mêmes liquides cavitaires, aux mêmes époques biologiques (avant, pendant et après la mue) nous avons déterminé la réserve alcaline avec les précautions expérimentales d'usage.

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 258.

La courbe ci-dessous montre une nette et rapide augmentation de la réserve alcaline à l'époque de la mue, suivie d'une diminution lente et progressive, au fur et à mesure de la calcification de la carapace extérieure.

Parallèlement à ces déterminations, opérées avec l'appareil et par la



méthode de Haldane, nous avons suivi l'évolution du pH de l'hémolymphe par la méthode colorimétrique de Cullen avec les échelles au 1/100e et nous avons pu établir que l'acidité ionique égale à 7,10, chez l'animal adulte et au repos, s'élevait à 8,40 aux premières manifestations de la mue, pour revenir ensuite à sa valeur primitive.

Or on sait que le pH sanguin est lié aux variations du CO^2 libre et combiné par la relation $pH = 6,10 \log CO^2 \text{combiné}/CO^2 \text{libre}$. Autrement dit, l'acidité ionique du sang est fonction du rapport des deux valeurs du CO^2 sanguin.

Si donc, comme nous le voyons dans le cas de la mue, le pH et la réserve alcaline s'élèvent de façon analogue, on peut en déduire que le CO^2 combiné tend à s'élever et à passer par un maximum pour décroître ensuite, après l'époque critique.

Il va donc se produire, pendant la période qui précède la mue, une fixation de CO^2 sur les phosphates et les carbonates suivie d'une libération de ce même anhydride carbonique, au fur et à mesure que s'épaissit la carapace calcaire de l'animal.

Il n'est donc pas exagéré de supposer que cette perte de CO^2 amène, au

sein de l'hémolymphe, une précipitation des éléments qui s'y trouvaient dissous à la faveur d'un excès de gaz carbonique (et, en particulier, du carbonate de chaux solubilisé sous la forme instable de bicarbonate calcique) et cela au niveau des téguments extérieurs.

Ainsi pourrait-on partiellement entrevoir un des modes de formation de cette précipitation calcaire qui aboutit à la rapide constitution de la carapace chez les crustacés en mue.

BACTÉRIOLOGIE. — *Action du ricinoléate de sodium sur divers micro-organismes.* Note de M. **Henri Violle**, présentée par M. Hyacinthe Vincent.

Nous avons indiqué [1] le pouvoir bactéricide du ricinoléate de sodium sur divers microbes. Poursuivant ces recherches, nous avons déterminé l'action de ce corps sur le bacille de la tuberculose. En utilisant des souches diverses (type humain et type bovin) récemment ou anciennement isolées, en suspension dans l'eau physiologique, nous avons noté que le ricinoléate de sodium en solution à 1 pour 1000 ne laisse subsister que quelques colonies, après un contact de 10 minutes et tue tous les éléments microbiens après 30 minutes de contact à 37°, comme on le constate par ensemencement, en milieu de Loewenstein. Les émulsions témoins donnaient des colonies très abondantes. On obtient les mêmes résultats avec des cultures de bacilles tuberculeux type B. C. G., en utilisant la même concentration de ricinoléate et le même temps de contact (rétro-culture en milieu de pomme de terre glycérinée).

Enfin, si on répète ces expériences avec des cultures de bacilles paratuberculeux (type Grassberger) on arrive à de semblables effets, mais le temps de contact doit être un peu plus prolongé ou la solution de concentration plus élevée : 1 heure en solution à 1 pour 100.

En résumé, les bacilles tuberculeux normaux, les bacilles tuberculeux atypiques (B. C. G.), les bacilles paratuberculeux sont sensibles à l'action du ricinoléate; le bacille tuberculeux humain paraît l'être d'autant plus qu'il a été plus récemment isolé.

Nous avons montré que les spirochètes de la syphilis (*Treponema pallidum*

---

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 714; *Société de Biologie*, 116, n° 25, 1934, p. 1004.

Schaudinn) provenant d'une émulsion faite avec du suc testiculaire de lapin infecté, devenaient immobiles après un contact de quelques minutes, en présence de ricinoléate de sodium à 1 pour 1000. Mais l'immobilité de ces microbes n'est pas un critère de leur destruction; leur mobilité très prononcée peut s'allier, dans certaines conditions, avec la perte de tout pouvoir germinatif (Levaditi). Seules, les inoculations de ces émulsions à des lapins neufs sont probantes. En procédant à de telles inoculations dans le testicule ou sous le scrotum de lapin, nous avons noté que l'action du ricinoléate s'exerce d'une façon totale, lorsque ces émulsions, provenant du broyage de fragments testiculaires dilués en eau physiologique et laissés à l'étuve une demi-heure à 37°, étaient préalablement filtrées sur papier ou légèrement centrifugées; le liquide filtré ou décanté formait une émulsion légèrement trouble mais homogène. Dans ce cas, l'action du ricinoléate de sodium à 1 pour 1000 seulement se manifeste complètement en quelques minutes. Par contre, des animaux témoins ayant reçu l'émulsion de spirochètes en eau physiologique présentaient, dans le courant du deuxième mois qui suivait l'inoculation, des lésions déjà typiques.

Ce sont ces temps très court de contact et ces concentrations très faibles du ricinoléate qu'il nous a paru intéressant de signaler. D'ailleurs cette très grande sensibilité des spirochètes de Schaudinn au ricinoléate de sodium concorde avec celle des spirochètes d'espèces différentes étudiés par nous antérieurement : spirochètes des eaux, spirochètes de la fièvre ictéro-hémorragique (*Spirochæta ictero-hemorragiæ* de Inada et Ido), spirochètes de la fièvre récurrente africaine (*Spirochæta Duttoni*), spirochètes des poules (*Spirochæta Marchouxi*).

De nombreux auteurs ont essayé de déterminer la nature du bactériophage (d'Hérelle).

Nous avons fait, dans ce sens, diverses expériences, d'ailleurs parfois délicates à réaliser, reposant sur la sensibilité très grande du streptocoque au ricinoléate de sodium et l'inertie du staphylocoque à cette même substance. Nous pensions que les bactériophages correspondants très actifs que nous avions à notre disposition, réagiraient suivant une marche parallèle. Or il n'en fut rien : les streptophages et les staphyphages furent tous également insensibles à l'action prolongée du ricinoléate de sodium.

Quelle que soit la conclusion à tirer de ces constatations, il y aurait là, toutefois, une méthode de purification par le ricinoléate, de certains phages associés à leur bactérie correspondante dans des cultures, intéressante à retenir.

Indiquons enfin, d'après les expériences que nous avons faites, qu'en traitant certaines diastases : présure en présence de lait, levure de bière en présence de saccharose, pepsine en présence de fibrine, dans les conditions normales d'action de ces diastases, nous n'avons pu obtenir aucun effet d'arrêt en présence du ricinoléate aux doses indiquées précédemment, c'est-à-dire 1 pour 1000. On pourrait peut-être également tirer argument de ces faits pour admettre certaines analogies entre ces substances et les bactériophages.

Enfin nous avons montré, par contre, précédemment, que certains virus, tel que celui de la vaccine, sont très sensibles à l'action du ricinoléate de sodium, ce qui semblerait encore différencier certains virus des bactériophages en général.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches sur le mécanisme de la sensibilisation anaphylactique*. Note de M. **François Maignon**, présentée par M. Charles Richet.

Nous sommes parti de cette idée que les protéines étrangères introduites dans le sang doivent être dégradées par un mécanisme analogue à celui qui est réalisé dans les cavités digestives, c'est-à-dire que la digestion se ferait en deux temps, sous l'action successive de deux ferments distincts ou de deux catégories de ferments, le premier aboutissant au stade peptone et ne le dépassant pas, et les seconds poussant la dégradation jusqu'au stade amino-acide.

Nous pensons que, dans l'anaphylaxie, les produits toxiques correspondent aux premiers stades de l'hydrolyse, voisins du stade albumose. Ces stades toxiques seraient le résultat de l'activité du premier ferment, qu'il s'agisse d'un ferment apparu de toute pièce ou de l'activation de l'alexine par apparition d'une sensibilisatrice, d'un anticorps, d'un ferment activant, qui jouerait alors un rôle analogue à celui de l'entérokinase vis-à-vis de la trypsine. Ce premier ferment, qu'il s'agisse d'un ferment digestif ou d'une kinase, serait en quelque sorte le ferment producteur de poison. Les seconds ferments, que la présence du stade toxique ferait apparaître, seraient des ferments qui achèveraient la dégradation jusqu'au stade atoxique, amino-acide, c'est-à-dire des ferments destructeurs de poison.

Une première injection ferait apparaître ces deux catégories de ferments, et une fois la dégradation terminée, ces ferments demeurant sans utilité,

l'organisme tendrait à s'en débarrasser. On peut admettre, avec vraisemblance, que le temps de disparition ne sera pas nécessairement le même pour ces deux catégories de ferments.

Supposons que les seconds, destructeurs de polypeptides et de peptones, disparaissent les premiers, ce qui est assez logique car il est vraisemblable que la spécificité de ces seconds ferments est moins étroite que celle des premiers, ce qui permettrait leur utilisation pour la destruction des polypeptides d'usure protéique.

Supposons que deux à trois semaines après la première injection, les seconds ferments aient disparu alors que les premiers persisteraient. Une seconde injection effectuée à ce moment aboutirait à la production massive de produits de dégradation toxiques, alors que les seconds ferments ne seraient pas là pour les détruire au fur et à mesure ; d'où choc anaphylactique, suivi de l'apparition de seconds ferments qui, si l'animal ne meurt pas au cours de la crise, amèneraient rapidement le retour à l'état normal, par destruction des stades toxiques.

Cette théorie explique la nécessité d'une période latente de sensibilisation et tous les phénomènes se rapportant à l'anaphylaxie.

Si cette hypothèse est exacte, l'état de sensibilisation doit être dû à la persistance, dans le sang, du premier ferment, en l'absence des seconds.

Extraction d'une substance sensibilisante du sang d'animaux sensibilisés. — S'il en est ainsi, en extrayant les diastases du sang d'un animal sensibilisé, le mélange de diastases doit contenir le premier ferment, et l'injection de ce mélange à un animal neuf doit le sensibiliser immédiatement. C'est ce que nous avons réalisé expérimentalement, de 1926 à 1929, au cours de 22 expériences qui furent toutes positives (chiens saignés à blanc un mois après une injection intra-veineuse de 10^{cm^3} de sérum, sang recueilli dans 4 volumes d'alcool, coagulum desséché, pulvérisé, mis macérer pendant 5 heures, dans 5 volumes d'eau chloroformée à la température du laboratoire, filtrat précipité par l'alcool-éther). Nous avons obtenu, par litre de sang, 40 à 50^{cg} de poudre grisâtre, soluble dans l'eau. Le macératum filtré, injecté dans le sang de chiens ou de cobayes neufs, les sensibilise immédiatement. On leur transmet ainsi l'anaphylaxie passive. Le mélange de cette solution et de sérum permet de réaliser l'anaphylaxie *in vitro* de Charles Richet. L'injection intra-péritonéale produit les mêmes effets qui sont simplement un peu plus lents à apparaître en raison du temps nécessité pour le passage, dans le sang, des diastases injectées.

Extraction du sang d'animaux en état de présensibilisation anaphylac-

tique, d'une substance préservatrice. — Pendant la période qui précède l'état de sensibilisation, les premiers et seconds ferments doivent être présents dans le sang pendant que se réalise la dégradation de la protéine étrangère.

En extrayant les diastases du sang de chiens sacrifiés 6 jours après la première injection (sérum, ovalbumine), on doit obtenir le mélange des deux catégories de ferments. Nous nous sommes débarrassé du premier en le fixant, par adsorption, sur l'antigène (protéines du sérum, ovalbumine, coagulées et lavées). Le filtrat ne doit contenir que les seconds ferments, destructeurs de poison. Ce filtrat injecté à des sujets sensibilisés (chiens, cobayes) doit donc les préserver du choc ou tout au moins en atténuer les manifestations. C'est ce que nous avons constamment obtenu, au cours de 51 expériences réalisées sur le chien et le cobaye, dans une période de sept années, de 1927 à 1934. Dans toutes les expériences, nous avons constaté une atténuation des manifestations anaphylactiques par rapport aux témoins et quelquefois leur suppression.

Ces résultats expérimentaux permettent de comprendre le schéma donné par Charles Richet : la toxogénine, serait le premier ferment, et l'apotoxine, le ou les produits de dégradation toxiques de la protéine injectée, libérés par ce premier ferment.

Conclusions. — Nos recherches apportent les deux faits nouveaux suivants :

1° il est possible d'extraire du sang des animaux en état de sensibilisation anaphylactique une substance sensibilisante et cela par un procédé d'extraction de diastases;

2° il est possible d'extraire du sang des animaux en état de présensibilisation anaphylactique, toujours par le même procédé, une substance préservatrice.

CHIRURGIE. — *Indications actuelles de la sympathectomie péri-artérielle, d'après 546 opérations.* Note (¹) de MM. **René Leriche** et **René Fontaine**, présentée par M. J.-L. Faure.

La première sympathectomie péri-artérielle a été faite en 1915. Après 20 ans d'étude, en nous basant sur une expérience de 546 cas qui comprennent :

(¹) Séance du 18 mars 1935.

10 opérations péri-carotidiennes;
17 péri-sous-clavières;
110 périhumérales;
11 péri-iliaques et péri-aortiques;
235 péri-fémorales,

et d'après ce que nous ont appris des observations longtemps suivies, il nous paraît possible de fixer les indications de cette opération simple et bénigne, qui a ouvert la voie à un immense chapitre nouveau de la chirurgie.

Dans les artérites, elle est surtout efficace dans les formes artérioscléro-tiques des gens âgés, quand il n'y a pas de thrombose. S'il y a une thrombose, ce que l'oscillométrie et l'artériographie démontrent facilement, l'artériectomie doit lui être préférée. Hors thrombose, elle est habituellement efficace dans les douleurs prémonitoires de la gangrène, dans la claudication intermittente à prédominance spasmodique, dans les crises ischémiques, dans les érythrocyanoses, dans les ulcérations localisées. Nous avons vu la suppression de ces divers symptômes durer encore au bout de 7 et de 8 ans.

Au stade de la gangrène localisée, exigeant une amputation, elle permet souvent la limitation du sacrifice.

Elle est donc, dans l'artérite sénile, un moyen essentiellement conservateur, qui recule presque toujours et évite souvent l'amputation.

Dans la thrombo-angéite, par contre, la sympathectomie péri-artérielle doit céder le pas aux sympathectomies ganglionnaires et à la surrénalectomie.

Dans les maladies vaso-motrices, type Raynaud, chez les malades jeunes, elle donne d'excellents résultats immédiats et éloignés. Nous avons constaté le maintien de la guérison au bout de 10 années. La plupart des échecs tiennent à des erreurs de diagnostic.

Dans la sclérodermie, elle convient aux formes localisées et peu anciennes. Nous lui devons des rétrocessions complètes suivies 10 ans. Dans les formes complexes et invétérées, il faut associer les gangliectomies et la parathyroïdectomie.

L'acrocyanose est d'habitude peu modifiée par la sympathectomie péri-artérielle. Cependant nous devons à l'opération un succès qui se maintient depuis 8 années.

Elle est sans effet thérapeutique dans l'*hyperhydrose* qui, par contre, guérit par les glangliectomies.

Dans une *dystrophie veineuse* douloureuse, après phlébite unilatérale,

créant une impotence marquée, elle a amené une guérison vérifiée au bout de 13 ans.

L'*œdème phlébitique* exige par contre une opération ganglionnaire. Dans les ulcérations postphlébitiques, nous avons toujours échoué.

La sympathectomie péri-artérielle guérit presque à coup sûr les *séquelles post-traumatiques du type œdème dur et ostéoporose algique*. Elle est très efficace dans les *troubles physiopathiques* à mélange d'hypotonie et d'hypertonie, du type Babinski-Froment. Nous en possédons un grand nombre d'observations.

Dans la *chirurgie de la douleur*, nous lui préférons les opérations ganglionnaires, sauf dans les *causalgies* au début. Dans les *douleurs des moignons*, et les *algies ascendantes post-traumatiques*, les infiltrations novocaïniques répétées paraissent préférables.

Au titre de *chirurgie de la trophicité*, elle est très efficace dans les ulcérations des moignons. Mais si l'artère est oblitérée, il faut la réséquer.

Dans *les ulcères de jambe*, en la faisant suivre de greffes cutanées, dès que l'ulcère est bactériologiquement stérile, elle amène presque toujours la guérison définitive (8-9 ans), sauf dans les ulcérations postphlébitiques.

Dans les *ulcérations consécutives aux sections nerveuses*, elle n'a que des indications accessoires. Le seul traitement vraiment efficace est la reconstruction du nerf par greffe. Avec l'hétérogreffe de Nageotte, nous avons obtenu une guérison qui se maintient depuis 1919. Dans les ulcérations des extrémités, avec ou sans escharre fessière, après lésion radiculo-médullaire, des malades ont rapidement guéri après sympathectomie fémorale.

Dans les *ulcères si douloureux de la radiodermite*, les résultats ont été remarquables, même quand les ulcérations étaient anciennes et multiples.

Dans la chirurgie osseuse, la sympathectomie s'est montrée efficace dans les *retards de consolidation*, dans certaines pseudarthroses sans perte de substance, avec os bout à bout. Elle accélère certainement la formation du cal dans les fractures récentes. A ce titre, elle nous a été utile dans des résections diaphysaires des deux os de l'avant-bras, qui sont si souvent suivies de vice de consolidation.

En matière de *tuberculose articulaire*, elle n'a réussi à amener la guérison par hyperhémie que dans les tuberculoses des petits os de la main et du pied, et surtout dans les formes fistuleuses. Une de nos malades a été ainsi guérie contre toute attente, et demeure guérie au bout de 10 ans.

Enfin la sympathectomie péri-artérielle a donné d'excellentes guérisons

dans des *syndromes de Volkmann*, quand il n'y avait pas de thrombose artérielle. Mais nous l'avons vue échouer une fois.

Telles sont nos indications actuelles d'utilisation de cette médication hyperhémique que représente la sympathectomie péri-artérielle, opération vaso-dilatatrice.

La séance est levée à 16h 15m.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 11 mars 1935.)

Note de M. *Louis Besson*, Influence de la température et de la saison sur la mortalité :

Page 987, ligne 2, *au lieu de* différentes, *lire* très peu différentes.

(Séance du 18 mars 1935.)

Note de MM. *J. Basset*, *E. Wollman*, Mme *Él. Wolman* et M. *A. Machebœuf*, Études sur les effets biologiques des ultra-pressions :

Page 1072, ligne 1, rétablir ainsi le texte :

1. Dans un travail antérieur (1), on a étudié l'action des....

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de janvier 1935 *(suite et fin)*.

Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges. Histoire, utilisation, culture, par D. Bois.

— Vol. III : *Plantes à épices, à aromates, à condiments.* Paris, Paul Lechevalier, 1934; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. J. Costantin.)

Tumeurs des annexes. Considérations préliminaires sur l'organogénie générale et les tumeurs de l'ovaire, par A. Peyron et M. J. Montpellier;

Mamelle. Appendice, par A. Peyron et J. Montpellier. Extraits de l'*Encyclopédie médico-chirurgicale*, tome VI, pages 633 et 907, 1932; 2 fasc. 32cm.

Annuaire de la revue de Kaboul. 1933-34, édité par le cercle littéraire de Kaboul; 1 vol. 26cm,5.

Annuaire pour l'an 1935, publié par le Bureau des Longitudes. Paris, Gauthier-Villars; 1 vol. 20cm.

La géométrie et les instruments d'optique. Complément : *Les correcteurs*, par l'Amiral Violette. Paris, Berger-Levrault, 1934; 1 fasc. 25cm.

Recherches cytologiques sur la caryocinèse, la spermatogénèse et la fécondation chez les Caprifoliacées (en particulier sur la présence de centrosomes présidant à la caryocinèse dans les Lonicera), par Feng Yen-An. In *Le Botaniste*. Série XXVI, fascicules I-VI; Paris, 12, rue Cuvier, 1934; 1 vol. 25cm,5.

Gouvernement général de l'Algérie. *Carte* dressée par MM. Savornin, Joleaud, Dalloni, Ehrmann, Roubault, Glangeaud, Flandrin, Deleau, Laffitte et Bétier (carte géologique au 1/8000000e de l'Algérie) publiée en 1889 et en 1900 sous les directions Pomel, Pouyanne, Ficheur et Jacob. Travaux coordonnés par MM. Savornin et Solignac.

Feuille no 1, *Constantine-Nord*, publiée en 1934, par le Service géologique de l'Algérie, sous la direction de MM. Bétier, Savornin et Dalloni; 1 planche : 1m × 78cm,5.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er AVRIL 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Bohuslav Hostinsky**, professeur à l'Université de Brno, qui assiste à la séance.

CINÉMATIQUE. — *Sur un projet d'expérience de M. Dufour.* Note de M. **Paul Langevin.**

M. A. Dufour (1) a décrit un ingénieux dispositif expérimental qu'il juge capable de trancher le différend entre la cinématique classique et celle de la relativité restreinte.

Il utilise, dans ce but, la rotation uniforme autour d'un axe XY, vertical par exemple, d'un plateau de Sagnac D portant et entraînant avec lui un moteur M qui fait tourner d'un mouvement également uniforme, autour d'un axe horizontal, un pignon denté E. Celui-ci engrène avec deux couronnes dentées horizontales R et R′ entre lesquelles il est placé et qui sont solidaires de deux disques A et A′ mobiles autour du même axe que le plateau D. M. Dufour pense que, dans ces conditions, deux points liés respectivement aux deux disques A et A′ et situés à une même distance de l'axe XY se déplaceront, par rapport au plateau D, avec des vitesses linéaires égales dans des sens opposés et que, par conséquent, leurs passages l'un

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 894.

au-dessus de l'autre devront se produire, au point de vue de la cinématique relativiste, au-dessus de points variables du plateau D, ainsi qu'il résulte des remarques de M. Prunier et de moi-même ([1]), en contradiction avec la cinématique classique, qui prévoit ces rencontres au-dessus de deux points fixes et diamétralement opposés du plateau D.

Je voudrais montrer, tout d'abord, que le dispositif de M. Dufour assure, *quelle que soit la cinématique adoptée*, la relation entre les vitesses *angulaires* des disques A et A′ et celle du plateau D qui exprime la fixité des points de ce plateau au-dessus desquels se produisent les rencontres. En accord avec ce résultat, une analyse plus détaillée du fonctionnement des engrenages nous montrera qu'il correspond, en cinématique relativiste, à des *vitesses linéaires inégales* par rapport à D des points situés sur A et A′ à une même distance de l'axe XY, à des vitesses linéaires égales au contraire, en cinématique classique.

Soient pour des observateurs galiléens O, immobiles par rapport à l'axe XY, ω_0, ω, ω' les vitesses angulaires avec lesquelles tournent, autour de XY, la plateforme D et l'axe du pignon, d'une part, les disques A et A′ d'autre part. Les couronnes R et R′ portant des nombres égaux n de dents, chacune de celles-ci correspond à un même angle $2\pi/n$ entre les plans verticaux qui passent par l'axe XY et qui la comprennent. L'effet de la rotation du pignon sera donc de déplacer d'angles égaux les disques A et A′ de part et d'autre du plan vertical qui passe par l'axe du pignon; on a ainsi nécessairement, quelle que soit la cinématique adoptée,

$$\omega - \omega_0 = -(\omega' - \omega_0)$$

où

$$\omega + \omega' = 2\omega_0. \tag{1}$$

Cette relation signifie que le plan bissecteur de deux plans verticaux liés respectivement aux disques A et A′ tourne avec une vitesse angulaire $\omega + \omega'/2$, égale à ω_0 et, par conséquent, reste fixe par rapport au plateau. Comme c'est nécessairement dans ce plan bissecteur que se produisent les coïncidences entre les plans A et A′, ces coïncidences sont donc également fixes par rapport au plateau.

On peut analyser plus complètement la manière dont les choses se passent, et retrouver exactement le même résultat, en se plaçant au point de vue de l'observateur galiléen O_1 par rapport auquel le point P de l'axe du pignon situé à distance r de l'axe XY est immobile à un certain instant. La vitesse d'entraînement de O_1 par rapport à O est

$$u = \omega_0 r. \tag{2}$$

Les points des disques A et A′ situés respectivement au-dessus et au-dessous du

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 46 et 48.

point P à l'instant considéré ont, par rapport au système O, des vitesses

(3) $$v = \omega r, \qquad v' = \omega' r,$$

et, par conséquent, par rapport à O_1, si l'on adopte la cinématique de la relativité, des vitesses

(4) $$v_1 = \frac{v - u}{1 - \frac{uv}{c^2}}, \qquad v'_1 = \frac{v' - u}{1 - \frac{uv'}{c^2}}.$$

La rotation du pignon ayant pour effet de déplacer, par rapport à O_1, les couronnes R et R' de nombres égaux de dents, les vitesses v_1 et v'_1 doivent être de signes contraires, et avoir entre elles un rapport égal, en valeur absolue, au rapport entre les largeurs ε_1 et ε'_1 des dents de R et R' à la distance r de l'axe, *telles que ces largeurs apparaissent à l'observateur* O_1; d'où la condition

(5) $$\frac{v_1}{v'_1} = -\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon'_1}.$$

Ces largeurs sont, pour l'observateur O, égales entre elles avec la valeur

$$\varepsilon = \frac{2\pi r}{n}.$$

Comme les dents de R et de R' se meuvent, par rapport à O avec les vitesses respectives v et v', leurs largeurs *propres* sont, en tenant compte de la contraction de Lorentz,

$$\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \qquad \varepsilon'_0 = \frac{\varepsilon}{\sqrt{1 - \frac{v'^2}{c^2}}}$$

et, de la même façon, ces largeurs deviennent, pour l'observateur O_1,

$$\varepsilon_1 = \varepsilon \frac{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \qquad \varepsilon'_1 = \varepsilon \frac{\sqrt{1 - \frac{v_1'^2}{c^2}}}{\sqrt{1 - \frac{v'^2}{c^2}}}$$

ou, en tenant compte des relations (4),

$$\varepsilon_1 = \varepsilon \frac{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}{1 - \frac{uv}{c^2}}, \qquad \varepsilon'_1 = \varepsilon \frac{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}{1 - \frac{uv'}{c^2}};$$

d'où

(6) $$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon'_1} = \frac{1 - \frac{uv'}{c^2}}{1 - \frac{uv}{c^2}}.$$

En tenant compte de (4) et de (6), la condition (5) devient

$$v - u = -(v' - u), \qquad v + v' = 2u$$

ou, d'après (2) et (3),

$$\omega + \omega' = 2\omega_0.$$

Ce qui implique, comme on l'a vu, la fixité des rencontres par rapport au plateau D. Ce résultat, indépendant de la vitesse c, est commun à la cinématique relativiste pour laquelle c est égal à la vitesse de la lumière et à la cinématique classique pour laquelle c est infini.

L'expérience, sous la forme prévue par M. Dufour, ne permet par conséquent pas de trancher le différend entre les deux cinématiques.

Il en serait autrement, au moins de façon théorique si, à la liaison par engrenages, on substituait une liaison par roulement sans glissement, c'est-à-dire si l'on remplaçait le pignon E par un galet roulant sans glisser sur les disques A et A'. On aurait alors égalité en valeur absolue des vitesses *linéaires* v_1 et v'_1.

Cette condition de roulement

$$v_1 = -v'_1$$

signifie encore, quand on la combine avec les relations (4), que la différence des temps mis par les disques A et A' à faire un tour par rapport à la plate-forme est

$$\frac{2\pi}{\omega - \omega_0} - \frac{2\pi}{\omega_0 - \omega'} = \frac{2\pi r}{v - u} - \frac{2\pi r}{u - v'} = \frac{4\pi r u}{c^2 - u^2}$$

ou, en négligeant u^2 par rapport à c^2 et en remplaçant u par $\omega_0 r$,

$$\frac{4\omega r^2 \omega_0}{c^2} = \frac{4A\omega_0}{c^2},$$

A représentant la surface du cercle de rayon r. On retrouve bien ainsi, comme il convient, le retard de Sagnac tel qu'il a été étendu par M. Prunier au cas de mobiles matériels.

L'expérience pourrait donc être imaginée sous la forme où la rotation des disques A et A' par rapport au plateau D serait obtenue au moyen d'un roulement, mais la précision avec laquelle ce roulement devrait être réalisé sans glissement est tout à fait prohibitive.

L'importance relative de ce glissement doit en effet être notablement inférieure au rapport entre le déplacement linéaire à mettre en évidence

et la longueur $2\pi r$ du roulement correspondant. Ce rapport est

$$\frac{\omega_0 r v_1}{c^2} = \frac{v_0 v_1}{c^2}.$$

Les vitesses linéaires v_0 et v_1 possibles dans la rotation du plateau ou du galet de roulement sont au grand maximum de l'ordre de 100^m par seconde ou 10^4 cm/s, ce qui donne au rapport précédent une valeur de l'ordre de 10^{-13}. L'expérience proposée est donc pratiquement irréalisable même sous la forme où elle a théoriquement un sens.

OPTIQUE. — *Recherches expérimentales sur la dissymétrie optique de l'espace.* Note de M. **Ernest Esclangon.**

En 1926, à l'Observatoire de Strasbourg, j'avais institué et poursuivi des expériences spéciales dans le but de mettre en évidence des variations possibles dans les lois optiques de la réflexion, en fonction de la direction des rayons lumineux dans l'espace (1).

Les principes directeurs de la méthode étaient les suivants : 1° proscrire les bains de mercure trop instables au degré de la précision cherchée; 2° éviter la *mesure* d'angles notables nécessitant l'emploi de cercles divisés; opérer en conséquence par voie *d'autocollimation*, c'est-à-dire utiliser des rayons lumineux qui, issus d'un point du plan focal d'une lunette, subissent à leur sortie de l'objectif *une ou plusieurs réflexions* (la dernière étant normale), sur un ou plusieurs miroirs solidaires de la lunette et, par un chemin inverse, viennent former dans le plan focal une image dont on peut *mesurer micrométiquement* les déplacements, en fonction des différentes orientations de la lunette; 3° pour se mettre à l'abri des *fluctuations instrumentales, comparer des directions différentes de l'espace en un temps très court, de l'ordre de 1 minute au plus,* cela en laissant l'appareil, au cours de ses déplacements, dans une position invariable par rapport à la pesanteur. Cette condition impose obligatoirement des déplacements horizontaux, résultant par exemple d'une simple rotation autour d'un axe vertical.

Les expériences de Strasbourg durèrent près de 2 années et plus de 30000 mesures furent faites. Elles comportaient *trois réflexions successives :* la première avec une *incidence* de 54°, la deuxième normale, suivie pu retour inverse des rayons avec nouvelle réflexion oblique. Les observations étaient visuelles. Ordonnés par *rapport au temps sidéral*, les résultats

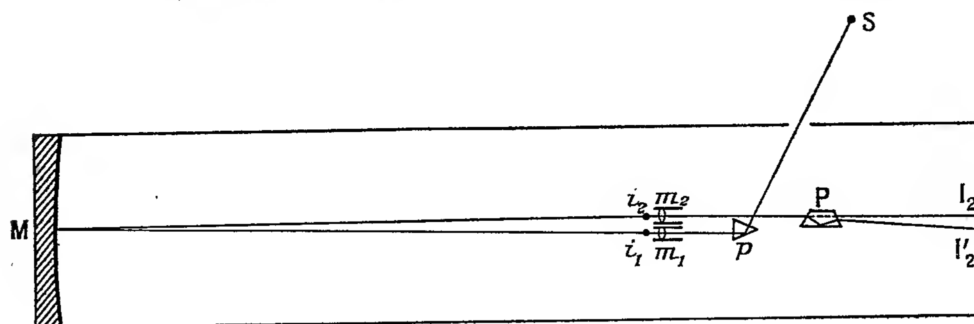
(1) *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1593.

parurent fournir nettement une variation systématique dont l'amplitude était de l'ordre de quelques centièmes de secondes d'arc.

J'ai repris des observations analogues à l'Observatoire de Paris au début de 1932. Les principes de la technique restent les mêmes avec des perfectionnements très notables destinés à augmenter considérablement la précision. La méthode est photographique.

La lunette ne comporte plus d'objectif. On se borne à une réflexion unique qui se fait, non plus sur un miroir plan, mais *sur un miroir concave*, de $1^{m},60$ de *rayon* et de 20^{cm} d'ouverture, le point lumineux occupant sensiblement le centre du miroir. Dans ces conditions, l'image réfléchie, exempte de toute aberration sphérique, est de haute qualité optique. Elle peut être amplifiée consécutivement par un fort microscope, ce qui multiplie considérablement les déplacements angulaires.

Le dispositif expérimental est en réalité un peu plus compliqué. Schématiquement, il est représenté par la figure ci-dessous. Une source S donne, par l'intermé-



diaire du prisme à réflexion totale p et du microscope m_1, une image i_1 au voisinage du centre du miroir M. L'image réelle i_1 donne, par réflexion sur le miroir M, une image i_2 voisine de i_1. L'image i_2 est reprise par le microscope m_2 à la sortie duquel le faisceau est intercepté dans sa moitié supérieure par le prisme à réversion P qui donne une image I'_2 tandis que la moitié inférieure du même faisceau, en parcours libre, donne l'image I_2, voisine de I'_2. Il est clair que si l'image i_2 se déplace horizontalement, les deux images I_2, I'_2 s'écartent ou se rapprochent, le déplacement se trouvant multiplié par le grossissement du microscope m_2 et doublé par le prisme reverseur P.

Toutes les pièces de l'appareil, y compris la source S, sont étroitement solidaires. L'ensemble, placé dans un local à température constante, par surcroît soigneusement calorifugé, tourne autour d'un axe vertical (ici, normal au plan de la figure), faisant un tour complet en *une minute* sous l'action d'un moteur électrique. Les images I_2, I'_2 sont reçues sur une plaque photographique qui se déplace en hauteur pendant la rotation de l'appareil, de sorte qu'*une observation* se traduit sur le cliché par deux traits verticaux, dont l'écartement horizontal est ensuite mesuré à 1^{μ} près tout le long de leur longueur. L'appareil est automatique; il est commandé électriquement de l'extérieur de la pièce où ne pénètre pas l'observateur. Il a été exécuté entièrement, y compris la taille du miroir, au laboratoire d'optique de l'Observatoire de Paris.

Les expériences se sont poursuivies sans interruption pendant près de 18 mois à partir de janvier 1932. A des intervalles de 10 en 10 jours, on faisait une journée complète d'expériences, lesquelles consistaient en l'exécution de deux clichés consécutifs en chacune des heures : 9h, 12h, 15h, 18h, 21h, 0h, 6h, 9h (temps moyen de Greenwich). Un service d'observations et de mesures des clichés avait été organisé à cet effet, service auquel ont pris part : MM. Blum, Durand, de Grandchamp, Mlle Chaudun, de l'Observatoire de Paris.

Résultats. — L'ensemble des observations a fourni plus de 800 clichés, répartis sur toutes les heures sidérales, en toutes les saisons de l'année. Sur chaque cliché, les mesures portent sur 20 régions correspondant à des azimuts de l'appareil espacés ainsi de 18 en 18°.

On ne tient compte, sur chaque cliché, que des différences d'écartement des traits par rapport à leur écartement moyen. Appelons I le premier cliché obtenu au début de chaque observation, II le deuxième obtenu quelques minutes après et qui devrait être en quelque sorte identique au premier. Dans toutes les opérations numériques, on a traité de manière identique les combinaisons des mesures, (II+I)/2 et (II—I)/2. La combinaison (II+I)/2 contient le phénomène optique, s'il existe; (II—I)/2 l'élimine.

Nous avons associé de deux manières les mesures des clichés.

1° Nous avons d'abord fait la moyenne de tous les clichés correspondant *aux mêmes heures moyennes*. Nous ne saurions reproduire ici l'ensemble des nombres obtenus. Contentons-nous d'indiquer les résultats suivants. Sur les clichés moyens de 9h, par exemple, et les combinaisons correspondantes (II+I)/2, (II—I)/2, nous avons déterminé *l'écart moyen* des mesures faites dans les 20 azimuts échelonnés de 18 en 18°. De même pour les autres heures moyennes. Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Heures	9.	12.	15.	18.	21.	0.	3.	6.	Moyennes.
Écarts moyens.	(II + I)/2	22	48	49	34	43	41	44	43	40
	(II — I)/2	27	38	28	32	25	40	45	38	34

Dans ces écarts, un *millième de seconde* est représenté par le nombre 22.

2° Nous avons groupé ensuite les clichés par *heures sidérales*. Le résultat en est représenté dans le tableau suivant (0″,001 = 22).

	Heures	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Écarts moyens.	(II + I)/2	31	31	42	35	32	37	30	39	38	45	37	37
	(II — I)/2	38	41	38	30	36	28	36	44	51	53	49	40
	Heures	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
Écarts moyens.	(II + I)/2	32	52	48	48	41	38	41	38	17	29	46	40
	(II — I)/2	31	35	33	41	30	36	40	43	39	38	42	32

Moyennes : 38.

Ces tableaux montrent que les écarts moyens propres à la combinaison (II — I)/2, laquelle élimine toute dissymétrie optique éventuelle, sont du même ordre que ceux concernant la combinaison (II + I)/2 qui contiendrait, elle, cette dissymétrie. Ce résultat apparaît pour le temps sidéral aussi bien que pour le temps moyen.

La précision des mesures angulaires obtenue est ici considérable; elle est sans la moindre ambiguïté de l'ordre *du millième de seconde d'arc*, ainsi que cela résulte de la valeur des écarts moyens constatés.

Dans les conditions expérimentales adoptées, c'est-à-dire pour un *rayon lumineux horizontal* se *réfléchissant normalement* sur un miroir, il n'y a donc aucun déplacement *horizontal* et relatif du rayon réfléchi, lorsque l'appareil tourne horizontalement; du moins jusqu'à l'ordre de 0″,001 près.

Ces conditions expérimentales sont d'ailleurs très différentes de celles dans lesquelles j'avais opéré à Strasbourg, avec trois réflexions consécutives, dont deux sous un angle de 54°, les déplacements étant au surplus évalués dans le sens *vertical*.

Une remarque générale doit être faite concernant ce genre d'expériences.

Les sources lumineuses utilisées sont des sources terrestres, liées d'ailleurs aux instruments de mesure. Or certaines observations astronomiques, notamment les variations constatées de l'aberration avec certains caractères des étoiles employées pour sa détermination, semblent autoriser à douter que la vitesse de la lumière, provenant des étoiles ou des nébuleuses, soit uniforme et identique à celle (la seule d'ailleurs mesurée jusqu'ici avec une grande précision) résultant de déterminations effectuées sur des sources terrestres.

Aussi semble-t-il désirable que ce genre d'études : vitesse de la lumière, variations possibles des lois de la réflexion optique, puisse être poursuivi avec des sources extra-terrestres, étoiles ou nébuleuses lointaines. De même devraient être recherchés : la corrélation possible, pour un même astre, entre la vitesse de la lumière conclue de l'aberration correspondante et celle déduite des variations de sa vitesse radiale apparente observée dans les diverses positions de la Terre sur son orbite; et enfin les rapports existant, non seulement entre l'aberration et les classes spectrales, mais entre l'aberration et les vitesses radiales (ou ce que l'on interprète ainsi).

Toutes ces études sont de nature à apporter des éléments nouveaux sur des points essentiels de nos conceptions sur la lumière, sur sa vitesse, par suite, sur la légitimité rigoureuse ou non du principe de Doppler-Fizeau et l'absolue validité de son application au déplacement vers le rouge du spectre des nébuleuses lointaines.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la structure algébrique des admittances d'un filtre en fonction de la fréquence.* Note [1] de M. **Jules Haag.**

1. L'impédance quadratique d'une cellule sans résistances ohmiques est de la forme

$$Z = \frac{j}{\omega}(X\omega^2 - Y),$$

X et Y désignant des formes quadratiques positives. Par une substitution linéaire couvenable, on peut faire disparaître les termes rectangles de ces deux formes et l'on obtient l'impédance quadratique sous la *forme canonique*

$$Z = \frac{j}{\omega}\left[\sum_{i=1}^{q}(\omega^2 - m_i)u_i^2 - \sum_{i=q+1}^{n} u_i^2\right] \qquad (q \leqq n).$$

Les m_i sont des constantes positives, pas nécessairement distinctes et dont certaines peuvent être nulles. En prenant la forme adjointe et appliquant les formules (2) de ma précédente Note [2], on obtient les admittances de la cellule

$$(1)\quad \begin{cases} A = -j\omega\left(\displaystyle\sum_{i=1}^{p}\frac{a_i}{\omega^2 - m_i} - a\right), \qquad C = -j\omega\left(\displaystyle\sum_{i=1}^{p}\frac{c_i}{\omega^2 - m_i} - c\right), \\ B = -j\omega\left(\displaystyle\sum_{i=1}^{p}\frac{b_i}{\omega^2 - m_i} - b\right), \end{cases}$$

en posant

$$(2)\qquad a_i = \sum_h (\alpha_i^h)^2, \qquad c_i = \sum_h (\beta_i^h)^2, \qquad b_i = \sum_h \alpha_i^h \beta_i^h.$$

Dans les formules (1), les m_i sont tous différents. Dans les formules (2), les α_i^h et β_i^h sont les coefficients des courants canoniques non nuls pour $\omega^2 = m_i$ dans les courants d'entrée et de sortie [3]. On a des formules analogues pour a, b, c.

---

[1] Séance du 25 mars 1935.

[2] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 607.

[3] Cf. formules (1) de la Note précitée.

Si m_i, est racine simple du discriminant de Z, chaque somme (2) comprend un seul terme et l'on a $\delta_i = a_i c_i - b_i^2 = 0$. Si m_i est racine multiple, l'identité de Lagrange montre que $\delta_i \geqq 0$.

2. *La zone de filtrage* est définie par $PQ < 0$, en posant

$$P = \sum \frac{p_i}{\omega^2 - m_i} - p, \qquad Q = \sum \frac{q_i}{\omega^2 - m_i} - q;$$
$$p_i = a_i + c_i - 2b_i, \qquad q_i = a_i + c_i + 2b_i.$$

D'après les formules (2), les p_i, q_i, p et q sont tous $\geqq 0$. On en déduit immédiatement, en supposant les m_i rangés par ordre de grandeur croissante, qu'il existe une bande passante (e_i, f_i) dans chaque intervalle (m_i, m_{i+1}).

On peut *choisir arbitrairement les fréquences de coupure;* on a, en effet,

$$(3) \qquad p_i = -p\frac{E(m_i)}{M'(m_i)}, \qquad q_i = -q\frac{F(m_i)}{M'(m_i)},$$

en posant

$$M(x) = (x - m_1)\ldots(x - m_p), \qquad E(x) = (x - e_1)\ldots(x - e_p),$$
$$F(x) = (x - f_1)\ldots(x - f_p).$$

Les m_i, p, q peuvent être choisis arbitrairement. Les p_i, q_i étant connus, on en déduit $a_i + c_i$ et b_i et la répartition de $a_i + c_i$ entre a_i et b_i reste encore arbitraire.

3. On peut maintenant se poser le problème suivant : *Réaliser la cellule la plus générale* définie algébriquement par les formules (1).

D'abord, on a les conditions *nécessaires*, faciles à démontrer

$$(4) \qquad \sum(a_i \pm b_i) > 0, \qquad \sum(c_i \pm b_i) > 0, \qquad \sum\frac{a_i \pm b_i}{m_i} > 0, \qquad \sum\frac{c_i \pm b_i}{m_i} > 0.$$

Je pense que ces conditions sont *suffisantes;* mais, je n'ai pu le démontrer. La méthode qui m'a paru la plus simple pour aborder le problème ci-dessus est la suivante.

4. J'ai commencé par chercher la condition pour que plusieurs cellules accouplées *en parallèle* soient *additives,* c'est-à-dire pour *que leurs admittances s'ajoutent algébriquement.*

Soient α, α', β, β' les coefficients des coordonnées dans les courants qui pénètrent dans la cellule par les bornes E, E', S, S'. Posons

$$X = Z(\alpha), \quad X' = Z(\alpha'), \quad X'' = Z(\alpha, \alpha'); \quad Y = Z(\beta), \quad Y' = Z(\beta'), \quad Y'' = Z(\beta, \beta').$$

La condition cherchée est *que les rapports*

$$\lambda = \frac{X' + X''}{X + X''}, \qquad \mu = \frac{Y' + Y''}{Y + Y''}$$

aient les mêmes valeurs pour toutes les cellules.

Si $\lambda = \mu = \infty$ ou o, les bornes E', S', ou bien E, S sont en court-circuit; on a un *tripôle*.

5. Considérons maintenant la cellule constituée par les six conducteurs suivants : C_1 de E à S, C_2 de E à S', C_3 de E à E', C_4 de E' à S, C_5 de S' à S, C_6 de E' à S'. Appelons h_i l'admittance de C_i. Les conditions d'additivité s'écrivent

$$h_1 + h_6 = \lambda(h_1 + h_2), \qquad h_2 + h_6 = \mu(h_1 + h_4).$$

Si les C_i sont des circuits résonnants de même fréquence propre, on constate aisément que la cellule ainsi obtenue permet de reproduire un terme des formules (1), *sous la seule condition que les quantités* $a_i \pm b_i$ et $c_i \pm b_i$ *soient toutes positives.* Si cette condition est remplie pour tous les termes de la formule (1), on peut toujours réaliser la cellule, en prenant $\lambda = \mu = 1$. Mais, il n'en est pas nécessairement de même pour d'autres valeurs de λ, μ. Par exemple, *on ne peut réaliser par un tripôle que les cellules pour lesquelles les* b_i *sont tous de même signe.*

6. Lorsque les quantités $a_i \pm b_i$ et $c_i \pm b_i$ ne sont pas toutes positives, le problème paraît beaucoup plus difficile. J'ai pu le résoudre dans certains cas, mais pas dans tous.

Il convient toutefois de remarquer que la solution du n° 5 permet de *construire un filtre admettant une zone de filtrage quelconque donnée à l'avance.* Il suffit en effet, au n° 2, de prendre $a_i = c_i$; en vertu de $\delta_i > 0$, tous les $a_i \pm b_i$ et $c_i \pm b_i$ sont positifs.

Voici d'ailleurs une raison qui milite en faveur de la cellule *symétrique*. Supposons le filtre constitué par n cellules identiques. Si φ désigne l'affaiblissement caractéristique de chacune d'elles, les admittances du filtre sont :

$$A_n = \frac{B \operatorname{sh}\varphi}{\operatorname{th} n\varphi} + H, \qquad C_n = \frac{B \operatorname{sh}\varphi}{\operatorname{th} n\varphi} - H, \qquad B_n = \frac{B \operatorname{sh}\varphi}{\operatorname{sh} n\varphi},$$

en posant $A - C = 2H$. En portant dans les formules (6) de ma précédente Note, on obtient $B_n(z)$.

Quand la fréquence parcourt une bande passante, on a $\varphi = j\lambda$ et λ varie

de o à π. D'autre part, il y a intérêt à ce que la variation du module de $B_n(z)$ dans la bande passante soit aussi faible que possible. Or, *si n est grand*, l'angle $n\lambda$ varie rapidement; de sorte que si $n\lambda$ croît de o à π, λ et ω varient très peu. On peut alors regarder B sh φ et H comme sensiblement constants et l'on constate que l'inverse du carré du module de $B_n(z)$ est approximativement une fonction sinusoïdale $2n\lambda$. En écrivant que l'oscillation de cette fonction est minimum, on obtient $H = 0$.

M. **F. A. Vening Meinesz** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de lui-même et de MM. J. H. F. Umbgrove, Ph. H. Kuenen : *Gravity Expeditions at Sea* 1923-1932. Vol. II et Tables.

NOMINATIONS.

MM. **Henri Deslandres** et **Aymar de La Baume Pluvinel** sont délégués pour représenter l'Académie à la célébration du Centenaire de la fondation de l'Observatoire d'Uccle.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Francisco Dominguez. *Carlos J. Finlay. Son centenaire* (1933). *Sa découverte* (1881).

2° *Le développement des sciences aux Pays-Bas pendant le dernier demi-siècle.*

3° *L'Académie royale des Sciences, les Universités et les Écoles techniques supérieures aux Pays-Bas et aux Indes néerlandaises.*

4° G. Mouriquand et P. Josserand, *Syndromes météoropathologiques et inadaptés urbains.*

5° Buntaro Adachi. *Das Venensystem der Japaner.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la continuité du potentiel à travers les masses, et la démonstration d'un lemme de Kellogg.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Henri Villat.

Depuis les recherches récentes de M. de La Vallée Poussin sur la méthode du balayage ([1]), dans lesquelles il retrouve la notion de potentiel conducteur d'un ensemble, comme potentiel d'une distribution positive sur l'ensemble même, les recherches sur le problème de Dirichlet généralisé sont appelées à un essor nouveau. J'ai montré moi-même ([2]), comment le balayage d'un domaine irrégulier conduit à ce problème, ce qui permet de prouver de plus l'unicité de la distribution des masses balayées, sur sa frontière.

L'introduction des masses permet de définir le potentiel à l'intérieur des masses mêmes, et ceci est d'importance capitale. C'est pour avoir exclu une telle définition, primitivement donnée par M. N. Wiener, que les recherches sur le problème de Dirichlet généralisé étaient arrivées à une impasse, avec la non-résolution du lemme de Kellogg. M. Evans a démontré récemment ([3]) ce lemme, en s'appuyant sur les résultats cités de M. de La Vallée Poussin.

Dans cette Note, nous allons donner un théorème général concernant la continuité du potentiel d'une distribution de masse sur un ensemble, théorème qui est d'une application immédiate et diverse, par exemple, dans le balayage des masses, et qui contient le lemme de Kellog comme cas particulier.

Théorème général. — *Soit* E *un ensemble parfait borné. Soit* $\mu(e)$ *une distribution positive sur* E (définie par une fonction complètement additive positive d'ensemble mesurable B) :

1° *le potentiel de cette distribution* (donné par une intégrale *de Stieltjes*) *est continu en tout point de* E *où il est continu sur* E;

2° *s'il est borné, l'ensemble des points de* E *où il est continu sur* E *est partout dense sur* E.

Remarquons d'abord que, si nous avions énoncé le théorème pour un ensemble fermé, nous n'aurions pas gagné en généralité, un tel ensemble étant la somme d'un ensemble parfait et d'un autre dénombrable, et

([1]) *Annales de l'Inst. Poincaré*, 3, 1932, p. 175.
([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 199.
([3]) *Proc. Nat. Ac. of Sc.*, 19, 1933, p. 457.

celui-ci étant incapable de supporter une partie de la distribution donnée.

Le point 2° est évident : le potentiel étant semi-continu inférieurement sur E est une fonction de la classe 1 de Baire; il est, par suite, ponctuellement discontinu sur E.

Passons à 1°. Nous nous inspirons d'une démonstration de M. Evans (*loc. cit.*, p. 458). Soit Q un point de continuité du potentiel V sur E. Soit (ρ) un voisinage sphérique de Q de rayon ρ assez petit pour que l'on y ait

$$V(P) < V(Q) + \frac{\varepsilon}{5}, \qquad V_\rho(Q) < \frac{\varepsilon}{5},$$

P étant sur E et V_ρ étant le potentiel de la masse contenue dans (ρ). Soit (δ) un voisinage plus petit de Q dans lequel on ait, de plus, $V_{E-(\rho)}(P) > V(Q) - 2\varepsilon/5$. Il en résulte que pour P dans (δ) on a $V_\rho(P) < 3\varepsilon/5$. Si M_i est une suite de points du domaine D, complémentaire de E, tendant vers Q et telle que $\overline{M_i Q} = \delta_i < \delta/2$, et Q_i un point de E à la distance minima de M_i, on constate que l'on a

$$V(M_i) = V_\rho(M_i) + V_{E-(\rho)}(M_i) \leqq V(Q_i) + V_\rho(Q_i) + \frac{\delta_i}{\rho - \delta} V_{E-(\rho)}(Q_i),$$

ce qui, par les inégalités précédentes, devient

$$V(M_i) \leqq V(Q) + 4\frac{\varepsilon}{5} + \frac{\delta_i}{\rho - \delta}\left[V(Q) + \frac{\varepsilon}{5}\right].$$

Pour i assez grand, on peut écrire $V(M_i) < V(Q) + \varepsilon$. Puisque ε est arbitraire, il en résulte que V est semi-continu supérieurement en Q. Il est donc continu.

Cas particulier. Lemme de Kellogg. — *Tout ensemble réduit* [1] *borné* E, *de capacité positive, a des points réguliers.*

En effet, M. de La Vallée Poussin a démontré (*loc. cit.*, p. 227) qu'il existe une distribution positive sur E qui donne le potentiel conducteur de E. D'autre part, j'ai montré, ailleurs (*loc. cit.*, p. 101), que la borne supérieure de ce potentiel considéré dans D, est l'unité, en chaque point de E. D'après le théorème précédent, le potentiel est continu sur E en un ensemble dense de points. Il doit donc prendre en ces points la valeur un, ce qui montre que ces points sont réguliers.

Ajoutons que les lemmes I et II de M. Evans (*loc. cit.*, p. 457 et suiv.) sont contenus dans notre théorème général.

---

(1) Florin Vasilesco, *Journal de Mathématiques*, 9, 1, 1930, p. 100.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les combinaisons exceptionnelles homogènes de fonctions entières.* Note de M. **Ghermanesco**, présentée par M. Émile Borel.

Considérons un système de ν fonctions entières $f_i(z)$ ou, plus généralement, holomorphes dans un D. Tout comme les combinaisons exceptionnelles non-homogènes, définies et étudiées par M. P. Montel [1], il y a intérêt à considérer les combinaisons exceptionnelles homogènes formées avec ces fonctions, conduisant à des relations de la forme

$$(\mathfrak{F}_i) \qquad \mu_1^i f_1 + \mu_2^i f_2 + \ldots + \mu_\nu^i f_\nu = Q_i e^{P_i},$$

$$(\mathfrak{L}_i) \qquad \alpha_1^i f_1 + \alpha_2^i f_2 + \ldots + \alpha_\nu^i f_\nu = 0,$$

P_i, Q_i étant des polynomes entiers en z. Nous dirons que la combinaison $(\mathfrak{F}_i)$ est *fondamentale*, conduisant à la *fonction fondamentale* du système f_i, $Q_i e^{P_i}$, tandis que $(\mathfrak{L}_i)$ sera une combinaison exceptionnelle *primordiale*.

Les combinaisons exceptionnelles $(\mathfrak{F}_i)$, $(\mathfrak{L}_i)$ seront *proprement dites*. Toute autre combinaison exceptionnelle qu'on obtient par combinaison d'une $(\mathfrak{F}_i)$ avec quelques-unes des $(\mathfrak{L}_i)$ sera *ordinaire*. Toutes les combinaisons exceptionnelles, conduisant à une *fonction fondamentale* $Q\,e^P$, forment le *groupe exceptionnel* attaché à celle-ci.

Pour les combinaisons exceptionnelles homogènes, nous avons obtenu les résultats qui suivent :

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un système des fonctions entières, linéairement indépendantes, admette une combinaison exceptionnelle fondamentale homogène, est qu'il existe une fonction fondamentale* $Q\,e^P$ *(P, Q étant des polynomes) telle que le wronskien du système de fonctions données reste invariable si l'on y remplace l'une quelconque de ces fonctions par* $Q\,e^P$.

Théorème. — *Un système de* ν *fonctions entières, dont l'une au moins est transcendante, admet* ν *combinaisons exceptionnelles fondamentales proprement dites au plus, parmi lesquelles il y en a* $\nu - 2$ *primordiales au plus.*

Nous n'avons pas pu déterminer le nombre maximum des combinaisons exceptionnelles homogènes distinctes *dans leur ensemble*, c'est-à-dire ν à ν,

---

(1) *Acta mathematica*, 49, 1926, p. 115 et suiv.

comme l'a fait M. Montel pour les combinaisons non-homogènes $(2\nu - 1)$, sauf pour le cas particulier remarquable des fonctions algébroïdes non entières, pour lesquelles nous avons obtenu le résultat suivant :

THÉORÈME. — *Étant donnée une algébroïde méromorphe à* ν *branches* u, *définie par une équation de la forme*

$$u^{\nu} f_1 + u^{\nu-1} f_2 + \ldots + f_{\nu+1} = 0,$$

où les coefficients sont des fonctions entières dont la première (ou la dernière) *possède des zéros* [1] :

a. Le nombre des valeurs exceptionnelles ne peut pas dépasser

$$N = \nu + E\left(\frac{\nu}{\nu - \lambda}\right)$$

lorsque les fonctions $p_i(z)$ *s'expriment linéairement à l'aide de* $\nu + 1 - \lambda$ *fonctions fondamentales,* λ *étant le nombre des relations* $(\mathfrak{L}_i)$ *existant entre les* $f_i(z)$;

b. Le nombre des valeurs exceptionnelles ne peut pas dépasser ν *lorsqu'il y a moins de* $\nu + 1 - \lambda$ *fonctions fondamentales.*

Appelons *multiplicité exceptionnelle* toute multiplicité dont tous les points sont exceptionnels, c'est-à-dire dont les coordonnées, dans un espace à ν dimensions, sont les coefficients d'une combinaison exceptionnelle homogène admise par un système de ν fonctions entières $f_i(z)$. On a le résultat suivant :

THÉORÈME. — *A tout système de* ν *fonctions entières, admettant des combinaisons exceptionnelles homogènes fondamentales, correspondent au plus* $\nu - \lambda$ *multiplicités linéaires exceptionnelles* $L^i_{\lambda+1}$, *intersections communes des suites infinies de surfaces exceptionnelles attachées aux groupes exceptionnels admis par le système de fonctions données.*

Les multiplicités $L^i_{\lambda+1}$ *ont comme intersection commune une* L_λ *unique,* λ *étant le nombre des relations linéaires et homogènes existant entre les fonctions données.*

Lorsque $\lambda = 0$, *les* $L^i_{\lambda+1}$ *deviennent des droites exceptionnelles, passant par l'origine* 0, *à laquelle se réduit* L_λ.

---

(1) Car autrement l'algébroïde est entière.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Cinématique de l'écoulement autour de profils à dispositifs hypersustentateurs.* Note de M. **André Fortier**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai appliqué la méthode chronophotographique à l'étude du champ hydrodynamique autour d'un profil Clark Y muni de dispositifs hypersustentateurs. Grâce à un éclairage très actinique et à des plaques à haute sensibilité j'ai pu opérer à des vitesses de plusieurs mètres par seconde et obtenir des nombres de Reynolds dépassant 300000. Les résultats essentiels sont les suivants :

1° Dans tous les cas, lorsqu'à partir de l'incidence de portance nulle, on augmente progressivement l'incidence du profil, les lignes de courant suivent parfaitement l'extrados jusqu'à une incidence I_1 pour laquelle l'aile atteint son coefficient de portance maximum. A ce moment apparaît un sillage qui oscille perpendiculairement au sens général de l'écoulement. Enfin pour une valeur I_2 de l'incidence le sillage se fixe, son point de décollement sur l'extrados étant alors très près du bord d'attaque.

Il semble que, pour les incidences comprises entre I_1 *et* I_2, *il existe en réalité deux modes possibles d'écoulement,* le fluide passant de l'un à l'autre, sans loi apparente, à intervalles assez rapprochés. La polaire dans cette région possèderait donc deux branches dont l'existence ne peut être révélée par les balances aérodynamiques usuelles, aux oscillations propres trop lentes et trop amorties.

2° Adaptons à une aile donnée divers dispositifs hypersustentateurs et convenons, ce qui s'accorde avec le point de vue pratique, de rapporter pour les divers montages les incidences à une même droite dépendant uniquement de l'aile commune (¹).

a. Dans les ailes munies seulement d'un volet d'intrados, l'ouverture du volet produit une diminution de l'incidence assurant une portance donnée. A une incidence déterminée, lorsqu'on ouvre progressivement un volet d'intrados, l'écoulement sur la face dorsale de l'aile est peu modifié, tandis que les vitesses sont fortement diminuées dans la région ventrale; de ce fait

(¹) On notera que, d'un point de vue plutôt spéculatif, il peut être préférable dans chaque cas de rapporter l'incidence de l'ensemble aile + dispositif hypersustentateur à la direction de portance nulle. Je reviendrai sur ce point dans une autre publication.

résulte une augmentation de circulation accompagnée d'un déplacement du point d'arrêt amont qui se déplace sur l'intrados en s'éloignant du bord d'attaque. D'autre part le coefficient de portance maximum du profil isolé, correspondant à une incidence I_1, est atteint, pour un braquage donné du volet, avec une incidence I'_1 inférieure à I_1. Il est impossible ensuite de dépasser notablement le coefficient de portance maximum initial; en d'autres termes pour ces ailes *l'ouverture du volet entraîne une diminution de l'angle de portance maximum, et laisse sans gros changement la valeur de cette portance maximum.*

b. Pour les ailes comportant une fente avant manœuvrable, aux faibles incidences l'écoulement autour du profil est pratiquement le même quelle que soit l'ouverture de la fente [1]. Mais aux fortes incidences la fente en s'opposant à l'apparition du sillage va permettre aux dispositifs hypersustentateurs de jouer pleinement leur rôle. Par exemple, avec un profil Clark Y sans fente la portance maximum est atteinte avec une incidence de 13° pour laquelle le sillage naît sur l'extrados; la mise en action de la fente permet d'aller jusqu'à 25° sans faire apparaître de décollement sur l'extrados. En combinant les effets d'une fente avant et d'un volet d'intrados, on peut obtenir des coefficients de portance maximum extrêmement élevés; l'hypersustentation est essentiellement due au volet d'intrados, la fente servant surtout à obliger l'écoulement à suivre sans décoller la face dorsale de l'aile.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur l'écoulement d'un fluide à l'aval d'une sphère.* Note [2] de MM. **Adrien Foch** et **Charles Chartier**, présentée par M. Marcel Brillouin.

I. Précisons d'abord la nomenclature que nous utilisons et dont la valeur est toute de définition.

A l'aval d'un obstacle fixe immergé dans un courant fluide (ou d'un corps se déplaçant dans une masse fluide immobile à l'infini) existe, comme on sait, une zone troublée, qui est appelée, suivant les auteurs, eau-morte, sillage ou remous, et où le fluide est animé de mouvements d'apparence

---

[1] En fait, aux très faibles incidences, la fente en position d'ouverture peut provoquer sur l'intrados l'apparition d'une zone de fluide mort, ce qui explique l'augmentation de traînée bien connue des pilotes à ces incidences.

[2] Séance du 25 mars 1935.

désordonnée. En réalité il y a lieu de distinguer dans cette zone troublée deux régions : la première, pour laquelle nous réservons le nom de *remous*, est située immédiatement à l'aval de l'obstacle; le fluide qu'elle contient, quoique animé souvent de violents tourbillons (¹), est *moyennement* immobile par rapport à l'obstacle. La seconde au contraire participe au mouvement général du fluide; c'est elle que nous considérons comme constituant proprement le *sillage* (²). L'ensemble du remous et du sillage forme le *fluide mort*. L'importance relative des dimensions du remous et du sillage est variable dans de grandes limites, l'un d'entre eux pouvant disparaître pratiquement dans certains cas.

II. On sait que le coefficient de résistance d'une sphère de diamètre D, plongée dans un fluide de viscosité cinématique ν animé d'une vitesse V est assez constant pour les valeurs du nombre de Reynolds $R = VD : \nu$ inférieures à 10^5 et qu'il éprouve de rapides variations quand R dépasse une valeur critique (³).

Nous avons pensé à lier ces variations de résistance à des changements importants dans la cinématique de l'écoulement et nous avons en conséquence étudié par chronophotographie stéréoscopique (⁴) l'eau morte à l'aval d'une sphère de 15^{cm} de diamètre immergée dans un courant d'eau obtenu en faisant circuler en circuit fermé au moyen d'une pompe centrifuge une masse d'eau de 40 tonnes seulement à travers un canal de section utile $50 \times 50^{cm^2}$. La vitesse de l'eau (connue à 5 pour 100 près environ) peut avoir toute valeur comprise entre 30 et 200 cm/s, de sorte qu'à la plus grande vitesse la période de circulation de l'eau est de l'ordre de la minute.

III. Voici les résultats de notre étude cinématique :

1° Quand la vitesse du courant est inférieure à 90 cm/s ($R < 1,25.10^5$), l'eau morte est constituée à peu près uniquement par un *sillage* où dominent des tourbillons à axes spiralés. La figure 1, qui indique la *partie axiale* de ces tourbillons, donne une représentation fortement schématisée du phénomène.

2° Pour une vitesse du courant comprise entre 90 et 100 cm/s (R voisin

---

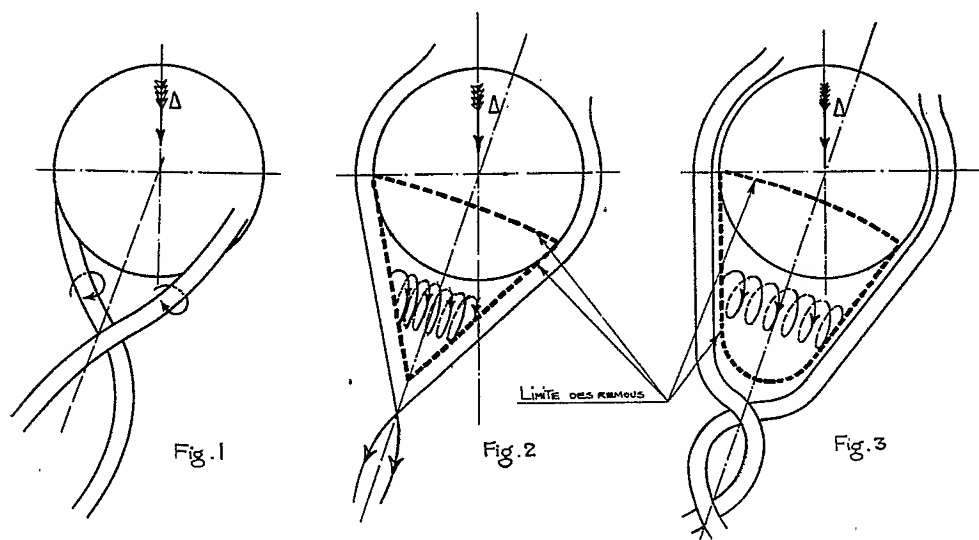
(¹) Le mot est pris dans son sens vulgaire; les mouvements en question, d'allure giratoire, peuvent en effet être très voisins de mouvements à potentiel de vitesse.

(²) Ces dénominations se justifient par la nomenclature vulgaire relative aux navires que le *remous* (dû à l'hélice) accompagne, et qui laissent le *sillage* sur la mer.

(³) Cette valeur critique varie de $1,3 \times 10^5$ à $2,7 \times 10^5$, suivant la turbulence du courant, la rugosité de la sphère, les dimensions du courant, etc.

(⁴) Cf. Ch. Chartier, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1642.

de 130000, soit à très peu près la valeur critique trouvée en 1914 par Riabouchinsky pour une sphère dans une soufflerie très turbulente et où l'effet bouchon de l'obstacle était notable), il apparaît brusquement un *remous*, limité par un cône d'angle au sommet voisin de 55°, tangent à la sphère (*fig.* 2) et siège d'un tourbillon toroïdal. L'axe du tore oscille continuellement autour du diamètre Δ parallèle à la direction générale de l'écoulement. Les trajectoires des particules appartenant au tourbillon ressemblent à un ressort à boudin fléchi en cercle. Quant au *sillage*, *il a pratiquement disparu :* il se réduit en effet à un enroulement à très long pas, très étroit, autour du diamètre Δ. Cet enroulement débute vers le sommet du cône, à 9^{cm} environ de la sphère; sa largeur est de l'ordre du centimètre; l'enroulement du sillage a même sens que l'enroulement des particules du tourbillon toroïdal autour de Δ.



3° Quand on augmente la vitesse à partir de 100 cm/s, le *remous* s'allonge, en même temps que son sommet s'aplatit; d'autre part, les dimensions du sillage perpendiculairement à Δ augmentent progressivement. Pour V = 200 cm/s (R = 270000), le sillage offre l'apparence d'une colonne torsadée, dont *la grande base, occupant sur la sphère un angle d'environ π stéradians, est en oscillation continuelle sur toute l'hémisphère aval* (*fig.* 3).

IV. Les écoulements observés étant grossièrement à symétrie hélicoïdale, la chronophotographique stéréoscopique est à peu près indispensable à une vue nette des phénomènes : une *coupe photographique* dans l'écoulement, effectuée par exemple en éclairant seulement un plan diamétral de ce dernier, présente en effet des apparences de tourbillons alternés ou de particules déferlant dans l'écoulement général, tous aspects inexistants dans la réalité et qui disparaissent lors de la vision binoculaire.

GÉODÉSIE. — *Observations de l'intensité de la pesanteur au centre de la Chine.* Note (1) de MM. **Pierre Lejay** et **Tsang Hung-Chi**, présentée par M. Georges Perrier.

A l'aide du pendule élastique Holweck-Lejay, nous avons effectué dans le centre de la Chine 65 déterminations de l'intensité de la pesanteur. Ces déterminations sont résumées dans les tableaux suivants qui présentent les g observés, les g réduits et les anomalies correspondantes, suivant les notations adoptées par l'Association de Géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale.

---

(1) Séance du 25 mars 1935.

Stations.	Lat.	Long.	Alt.		Dates.	Tc.	g.	g—g₀.	g₀.	g—g″₀.	g″₀.	γ₀.	g₀—γ₀.	g″₀—γ₀.	γ′₀.	g₀—γ′₀.	g″₀—γ′₀.	n.	E.
	° ′	° ′	m		1934	s	g	mg	g	mg	g	g	mg	mg	g	mg	mg		
Zi Ka Wei........	31.11,5	121.25,7	7	2,5	4 IX	5,6444	**979,438**	2	979,440	1	979,439	979,416	24	23	979,432	8	7	7	0,3
Tung chow........	31.57,3	120.51,8	28	2,5	6 »	5,6715	**979,506**	8	979,514	5	979,511	979,477	37	34	979,493	21	18	15	0,3
Se ye miao........	32.19	119.50	8	2,5	7 »	5,6751	**979,515**	2	979,517	1	979,516	979,506	11	10	979,522	− 5	− 6	9	1
Ning kwo........	30.36	118.56	25	2,6	9 »	5,6260	**979,391**	8	979,399	5	979,396	979,368	31	28	979,385	14	11	17	0,5
Wu hu...........	31.21	118.21	10	2,5	11 »	5,6470	**979,444**	3	979,447	2	979,446	979,428	19	18	979,444	3	2	14	0,3
Ta tung..........	30.52	117.38	55	2,6	14 »	5,6210	**979,377**	17	979,394	10	979,387	979,389	5	− 2	979,406	− 12	− 19	12	0,4
An king..........	30.31	117. 2	27	2,6	15 »	5,6129	**979,357**	8	979,365	5	979,362	979,361	4	1	979,378	− 13	− 16	12	0,4
Tung liu.........	30.12	116.57	23	2,6	16 »	5,6033	**979,332**	7	979,339	4	979,336	979,336	3	0	979,353	− 14	− 17	12	0,5
Hu kow..........	29.44	116.18	34	2,6	17 »	5,5899	**979,297**	10	979,307	6	979,303	979,300	7	3	979,317	− 10	− 14	12	0,2
Fu chow..........	28. 2	116.14	25	2,6	19 »	5,5392	**979,162**	8	979,170	5	979,167	979,170	0	− 3	979,187	− 17	− 20	12	0,2
Nan cheng........	27.33	116.35	75	2,6	20 »	5,5134	**979,112**	23	979,135	14	979,126	979,135	0	− 9	979,152	− 17	− 26	12	0,3
Nan chang........	28.40	115.53	22	2,5	21 »	5,5565	**979,208**	6	979,214	4	979,212	979,218	− 4	− 6	979,235	− 21	− 23	14	0,4
Chang shu........	28. 3	115.30	45	2,6	22 »	5,5402	**979,164**	13	979,177	8	979,172	979,172	5	0	979,189	− 12	− 17	12	0,3
Ki an............	27. 6	115.00	88	2,6	23 »	5,5124	**979,088**	27	979,115	17	979,105	979,101	14	4	979,118	− 3	− 13	15	0,6
Kiu kiang........	29.43	116. 3	15	2,5	24 »	5,5836	**979,280**	5	979,285	3	979,283	979,299	− 14	− 16	979,316	− 31	− 33	9	0,3
Ki chow..........	30. 1	115.22	15	2,5	25 »	5,5966	**979,314**	5	979,319	3	979,317	979,322	− 3	− 5	979,339	− 20	− 22	12	0,1
Hwang shan.......	30.37	114.54	19	2,5	26 »	5,6073	**979,342**	6	979,348	4	979,346	979,369	− 21	− 23	979,386	− 38	− 40	15	0,5
Kwan shui........	31.38	114. 4	65	2,7	29 »	5,6318	**979,406**	20	979,426	11	979,417	979,460	− 34	− 43	979,476	− 50	− 56	14	0,2
Sin yang chow....	32. 9	114. 8	71	2,7	29 »	5,6565	**979,468**	22	979,490	13	979,481	979,493	− 3	− 12	979,509	− 19	− 28	14	0,4
Cheng chow.......	34.45	113.40	92	2,5	1 X	5,7360	**979,665**	28	979,693	18	979,683	979,708	− 15	− 25	979,724	− 31	− 41	12	0,4
Lo yang..........	34.47	112.26	136	2,5	2 »	5,7119	**979,606**	42	979,648	27	979,633	979,711	− 63	− 78	979,727	− 79	− 94	12	0,5
Kwan yin tang.....	34.45	111.28	600	2,5	2 »	5,6793	**979,525**	185	979,710	120	979,645	979,708	2	− 63	979,724	− 14	− 79	9	0,4
Shan chow........	34.49	111. 3	320	2,5	3 »	5,6905	**979,553**	98	979,651	64	979,617	979,714	− 63	− 97	979,730	− 79	−113	12	0,2
Tung kwan........	34.40	110. 9	322	2,5	3 »	5,6718	**979,507**	99	979,606	65	979,572	979,701	− 95	−129	979,717	−111	−145	9	0,3
Wei nan..........	34.28	109.24	343	2,5	4 »	5,6659	**979,495**	105	979,600	70	979,565	979,684	− 84	−119	979,700	−100	−135	9	0,5
Yeng cheng........	33.36	114. 2	50	2,6	6 »	5,7008	**979,579**	15	979,594	10	979,589	979,612	− 18	− 23	979,628	− 34	− 39	4	1
Han kow..........	30.33	114.17	19	2,5	8 »	5,6139	**979,359**	6	979,365	4	979,363	979,364	1	− 1	970,381	− 16	− 18	14	0,4
Ti tan se..........	30. 6	114. 2	20	2,5	10 »	5,5944	**979,308**	6	979,314	4	979,312	979,326	− 12	− 14	979,343	− 29	− 31	9	0,3
Yo chow..........	29.28	113.12	60	2,6	11 »	5,5716	**979,249**	18	979,267	11	979,260	979,279	− 12	− 19	979,296	− 29	− 36	9	0,3
Chang sha........	28.12	112.59	41	2,5	14 »	5,5397	**979,163**	12	979,175	8	979,171	979,183	− 8	− 12	979,200	− 25	− 29	9	0,3
Hung ghiao........	26.48	112. 5	135	2,6	15 »	5,4921	**979,033**	41	979,074	26	979,059	979,080	− 6	− 21	979,097	− 23	− 38	11	0,2
Chen chow........	25.48	112.59	265	2,6	15 »	5,4491	**978,914**	81	978,995	52	978,966	979,008	− 13	− 42	979,025	− 30	+ 59	14	0,4
Lei yang..........	26.26	112.50	105	2,6	15 »	5,4811	**979,003**	32	979,035	20	979,023	979,053	− 18	− 30	979,070	− 35	− 47	9	0,3
Heng chow........	26.56	112.35	60	2,5	17 »	5,5015	**979,059**	18	979,077	12	979,071	979,089	− 12	− 18	979,106	− 29	− 35	9	0,3
Nan yao..........	27.14	112.38	115	2,6	17 »	5,4996	**979,054**	35	979,089	22	979,076	979,111	− 22	− 35	979,128	− 39	− 52	6	0,4

Stations.	Lat.	Long.	Alt.		Dates.	Tc.	g.	g−g₀.	g₀.	g−g''₀.	g''₀.	γ₀.	g₀−γ₀.	g''₀−γ₀.	γ'₀.	g₀−γ'₀.	g''₀−γ'₀.	n.	E.
	° '	° '	m		1934	s	g	mg	g	mg	g	g	mg	mg	g	mg	mg		
Chang sha..........	28.12	112.59	41	2,5	17 X	5,5395	**979,163**	12	979,175	8	979,171	979,183	− 8	− 12	979,200	− 25	− 29	3	0,5
Te shan..........	28.58	111.35	39	2,5	18 »	5,5607	**979,220**	12	979,232	8	979,228	979,241	− 9	− 13	979,258	− 26	− 30	9	0,3
Yi yang..........	28.43	112.20	33	2,5	19 »	5,5574	**979,211**	10	979,221	7	979,218	979,222	− 1	− 4	979,239	− 18	− 21	9	0,3
Ta she yi..........	29.42	112.49	36	2,5	21 »	5,5767	**979,262**	11	979,273	7	979,269	979,297	− 24	− 28	979,314	− 41	− 45	12	0,4
Shih show..........	29.43	112.27	40	2,5	22 »	5,5737	**979,254**	12	979,266	8	979,262	979,299	− 33	− 37	979,316	− 50	− 54	12	0,3
King men..........	31. 1	112. 4	90	2,6	24 »	5,6112	**979,352**	27	979,379	17	979,369	979,402	− 23	− 33	979,418	− 39	− 49	12	0,4
Lao ho kow..........	32.23	111.38	90	2,6	25 »	5,6488	**979,449**	27	979,476	17	979,466	979,512	− 36	− 46	979,528	− 52	− 62	9	0,3
Fang cheng..........	32. 2	112. 4	80	2,5	25 »	5,6376	**979,420**	24	979,444	16	979,436	979,483	− 39	− 47	979,499	− 55	− 63	12	0,4
Sha she..........	30.16	112.17	50	2,5	26 »	5,5934	**979,306**	15	979,321	10	979,316	979,339	− 18	− 23	979,356	− 35	− 40	9	0,3
I chang..........	30.42	111.17	58	2,6	30 »	5,5956	**979,312**	18	979,330	11	979,323	979,376	− 46	− 53	979,393	− 63	− 70	9	0,3
Yeh tan (Patung)...	30.56	110.34	100	2,7	4 XI	5,5722	**979,250**	31	979,281	18	979,268	979,394	− 13	− 26	979,411	−130	−143	10	0,5
Kwei chow..........	31. 2	109.31	150	2,6	5 »	5,5745	**979,256**	46	979,302	29	979,285	979,403	−101	−118	979,419	−117	−134	9	0,3
Wan shien..........	30.49	108.24	185	2,6	7 »	5,5675	**979,238**	57	979,295	36	979,274	979,385	− 90	−111	979,402	−107	−128	9	0,3
Chung chow..........	30.20	108. 2	177	2,6	8 »	5,5543	**979,202**	54	979,256	34	979,236	979,347	− 91	−111	979,364	−108	−128	9	0,4
Min wei tao, baie..	29.27	106.42	172	2,6	11 »	5,5360	**979,153**	53	979,206	33	979,186	979,278	− 72	− 92	979,295	− 89	−109	11	0,4
Chung king..........	29.34	106.35	196	2,6	14 »	5,5359	**979,152**	60	979,212	38	979,190	979,287	− 75	− 97	979,304	− 92	−114	11	0,3
I chang..........	30.42	111.17	58	2,6	16 »	5,5966	**979,314**	18	979,332	11	979,325	979,376	− 44	− 51	979,393	− 61	− 68	9	0,3
Han kow..........	30.33	114.17	19	2,5	20 »	5,6143	**979,360**	6	979,366	4	979,364	979,364	2	0	979,381	− 15	− 17	9	0,3
Zi Ka Wei..........	31.11,5	121.25,7	7	2,5	26 »	5,6440	**979,437**	2	979,439	1	979,438	979,416	23	22	979,432	7	6	12	0,3
					1935														
Zi Ka Wei..........	31.11,5	121.25,7	7	2,5	5 I	5,6450	**979,439**	2	979,441	1	979,440	979,416	25	24	979,432	9	8	9	0,5
Zi ka Wei..........	31.11,5	121.25,7	7	2,5	22 »	5,6436	**979,435**	2	979,437	1	979,436	979,416	21	20	979,432	5	4	12	0,3
Peng pu..........	32.57	117.26	15	2,6	24 »	5,6855	**979,541**	4	979,545	3	979,544	979,558	13	− 14	979,574	− 29	− 30	13	0,3
Su chow..........	34.18	117.16	30	2,5	25 »	5,7356	**979,664**	9	979,673	6	979,670	979,670	3	0	979,686	− 13	− 16	12	0,3
Yun ho..........	34.21	118. 2	34	2,5	26 »	5,7445	**979,685**	10	979,695	7	979,692	979,675	20	17	979,691	4	1	9	0,4
Hei chow..........	34.34	119.12	12	2,5	27 »	5,7555	**979,712**	4	979,716	2	979,714	979,693	23	21	979,709	7	5	9	0,4
Lien yun kan..........	34.43	119.26	30	2,5	29 »	5,7622	**979,728**	9	979,737	6	979,734	979,705	32	29	979,721	16	12	9	0,4
Tang shan..........	34.27	116.25	37	2,5	30 »	5,7464	**979,690**	11	979,701	7	979,697	979,683	18	14	979,699	2	− 2	9	0,4
Shang kiu..........	34.26	115.37	43	2,5	31 »	5,7399	**979,674**	13	979,687	8	979,682	979,681	6	1	979,697	− 10	− 15	9	0,5
Kai feng..........	34.48	114.21	60	2,5	1 II	5,7345	**979,661**	18	979,679	12	979,673	979,712	− 33	− 39	979,728	− 49	− 55	12	0,3
Cheng chow..........	34.45	113.40	92	2,5	2 »	5,7360	**979,665**	28	979,693	18	979,683	979,708	− 15	− 25	979,724	− 31	− 41	12	0,3
Han kow..........	30.33	114.17	19	2,5	6 »	5,6137	**979,359**	6	979,365	4	979,363	979,364	1	1	979,381	− 16	− 18	13	0,3
Zi Ka Wei..........	31.11,5	121.25,7	7	2,5	10 »	5,6436	**979,435**	2	979,437	1	979,436	979,416	21	20	979,432	5	4	11	0,3

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Un galvanomètre à veine liquide.* Note de M. **Lucien Bull**, présentée par M. Charles Richet.

La considération des propriétés si remarquables et si précieuses de l'oscillographe cathodique nous a incité à chercher si des résultats intéressants ne pourraient pas être obtenus par l'emploi, au lieu d'un flux d'électrons, d'un jet matériel, un jet liquide par exemple. Les premiers essais nous ont encouragé à poursuivre cette étude par la construction d'un galvanomètre basé sur ce principe.

Cet appareil consiste en un électroaimant puissant dont l'entrefer, très étroit comme dans le galvanomètre à corde, est parcouru verticalement de haut en bas par un mince jet d'eau d'environ 3/10e de millimètre de diamètre. L'eau est rendue conductrice par l'addition de 5 ou 10 pour 100 de sel ordinaire ou d'acide sulfurique. Lorsque, au moyen de connexions appropriées, ce jet est parcouru par un courant électrique, il est dévié de sa position d'équilibre par l'action du champ magnétique. Cette déviation est directement proportionnelle, toutes choses égales d'ailleurs, au temps pendant lequel les différents points du jet ont été soumis à l'action du champ et la nouvelle position d'équilibre est une droite faisant avec la position verticale originale un certain angle, dont le sommet se trouve à l'entrée du champ. La plus forte déviation du jet étant en bas, un dispositif microscopique est fixé à la partie inférieure de l'électroaimant et permet de projeter sur un écran ou sur la fente d'un appareil enregistreur, une image très agrandie du jet à son point de sortie du champ magnétique.

Le côté intéressant de cet appareil est le suivant. Le jet d'eau n'offre aucune résistance élastique sensible aux forces tendant à le déplacer. L'amplitude de sa déviation est fonction de l'intensité du courant qui le traverse et de celle du champ, ainsi que de la vitesse et de la masse du jet. Mais la masse intervient seulement pour diminuer la sensibilité de l'instrument, l'effet de force vive, source la plus habituelle de la déformation des tracés, est entièrement éliminé. Lorsque le courant traversant le jet cesse, la reprise de la position initiale de celui-ci se fait par la descente d'une nouvelle portion, verticale, de la veine liquide; il n'y a pas à proprement parler de retour à zéro; il s'établit un nouveau zéro qui coïncide exactement avec l'ancien, ce qui supprime toute nécessité d'amortissement.

Ce galvanomètre a une période propre qui correspond au temps que met

un point du jet à traverser le champ magnétique. Elle est donc fonction des dimensions linéaires de celui-ci et de la vitesse du jet. Dans notre modèle expérimental, où cette vitesse est d'environ 6^m à la seconde et la hauteur des pôles de l'électroaimant de 3^{cm}, la période est de l'ordre de 0,005 seconde. L'appareil peut néanmoins répondre à des courants de plus courte durée mais par une déviation moins grande pour une même intensité de courant. Comme sensibilité, avec un jet de 35/100e de millimètre de diamètre et un grossissement de 100 fois, on obtient une déviation de 25^{mm} en 1/200e de seconde.

Quoique cet instrument dans l'état actuel de son développement ne puisse rivaliser, au point de vue de la sensibilité, avec le galvanomètre à corde, par exemple, il présente néanmoins certaines qualités qui ne se rencontrent dans aucun autre appareil, exception faite de l'oscillographe cathodique.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Méthode générale de calcul des courants de défaut des réseaux électriques maillés.* Note (1) de M. **Ch. Lavanchy**, transmise par M. André Blondel.

La méthode générale de calcul des réseaux maillés en régime équilibré exposée antérieurement (2) peut être adaptée à la détermination du courant de défaut de ces réseaux, en utilisant la théorie des ensembles symétriques qui permet de remplacer les vecteurs dissymétriques par des combinaisons de leurs composantes symétriques, équilibrées par définition.

Considérons en courants triphasés un réseau maillé quelconque, comprenant des appareils générateurs ou récepteurs tournants, caractérisés chacun par une force électromotrice équilibrée $\overline{E}$ et une admittance convenable; un certain nombre de mailles (à trois conducteurs symétriques) décomposées au préalable en leurs circuits en π, réunissant les sommets deux à deux d'une façon quelconque; enfin le sommet S_x siège du défaut. On remplacera ce réseau par trois autres : le *réseau synchrone* constitué par les admittances synchrones $\overline{Y}^s$ des divers appareils et mailles, le *réseau inverse* constitué par les admittances inverses $\overline{Y}^i$, enfin le *réseau homopolaire* formé par les admittances $\overline{Y}^o$.

Chacun de ces circuits est tout d'abord transfiguré par la méthode

(1) Séance du 25 mars 1935.

(2) Ch. Lavanchy, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 458; *R. G. E.*, 36, 1934, p. 11.

exposée dans notre Note précédente, jusqu'à ce qu'on ne conserve que le sommet S_x et les sommets alimentés par les forces électromotrices $\overline{E}$. On obtient ainsi trois réseaux équivalents formés de mailles reliant les différents sommets conservés soit entre eux deux à deux, soit avec la terre.

Quand on calcule le court-circuit en S_x, on ne conserve que les admittances rayonnant en étoile autour de ce point; car les autres ne participent pas à l'alimentation du court-circuit.

Désignons par $\overline{Y}_{px}$ l'admittance de la branche $S_p S_x$ de cette étoile, par $\overline{\mathcal{Y}}_x$ la somme des $\overline{Y}_{px}$ étendue à toutes les branches de l'étoile; par $\overline{Y}_x$ l'admittance dérivée à la terre en S_x (ces admittances étant affectées des indices s, i ou o suivant la composante symétrique envisagée); enfin par $\overline{E}_p^a$ la force électromotrice en S_p pour la phase a. On a entre les composantes symétriques $\overline{U}_x^s$, $\overline{U}_x^i$, $\overline{U}_x^o$ de la tension en S_x, les composantes symétriques du courant de court-circuit $\overline{J}_{cc}^s$, $\overline{J}_{cc}^i$, $\overline{J}_{cc}^o$ et les $\overline{E}^a$ les relations suivantes, la somme Σ étant étendue à toutes les branches de l'étoile du réseau synchrone,

(1) $$\overline{J}_{cc}^s = \Sigma \overline{E}_p^a \overline{Y}_{px}^s - \overline{U}_x^s(\overline{\mathcal{Y}}_x^s + \overline{Y}_x^s),$$

(2) $$\overline{J}_{cc}^i = -\overline{U}_x^i(\overline{\mathcal{Y}}_x^i + \overline{Y}_x^i),$$

(3) $$\overline{J}_{cc}^0 = -\overline{U}_x^0(\overline{\mathcal{Y}}_x^0 + \overline{Y}_x^0).$$

Ces expressions ramènent le calcul du courant de court-circuit d'un réseau maillé à celui bien connu d'un réseau simple d'admittances $\overline{\mathcal{Y}}_x^s + \overline{Y}_x^s$, $\overline{\mathcal{Y}}_x^i + \overline{Y}_x^i$, $\overline{\mathcal{Y}}_x^0 + \overline{Y}_x^0$ branchées sur une force électromotrice fictive égale à

$$\Sigma \overline{E}_p^a \overline{Y}_{px}^s : (\overline{\mathcal{Y}}_x^s + \overline{Y}_x^s).$$

Quand on calcule, dans une maille quelconque, le courant correspondant au courant de défaut en S_x, on détermine de proche en proche les composantes symétriques des tensions résiduelles aux nœuds supprimés par les transfigurations, en fonction des $\overline{U}_x$ et des $\overline{E}$, en appliquant le théorème II de notre précédente Note; puis on calcule les composantes symétriques correspondantes des courants, enfin, par les formules connues, les tensions et les courants de phases [1].

La méthode est ainsi absolument générale et permet d'établir l'état électrique de tous les réseaux maillés aussi bien pour les régimes accidentels que pour les régimes de charges normales.

---

[1] Voir notamment A. BLONDEL, *Les courants alternatifs*, Chap. XII, Paris, 1933.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Détection des interactions moléculaires par le temps de relaxation des molécules polaires*. Note de MM. **Pierre Girard** et **Paul Abadie**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que Debye a rendu compte de la dispersion et de l'absorption, dans le domaine hertzien, de molécules portant un moment permanent en faisant intervenir le temps de relaxation d'orientation (τ) de ces molécules.

L'équation relative à la dispersion à laquelle il est parvenu s'écrit sous sa forme réelle

$$\varepsilon' = \varepsilon_0 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{1 + \left(\frac{\varepsilon_1 + 2}{\varepsilon_0 + 2}\right)^2 \omega^2 \tau^2}; \qquad (1)$$

$\varepsilon_0 =$ CD *optique*; $\varepsilon_1 =$ CD *statique et* ω *la fréquence*; τ *est le temps de relaxation de la forme*

$$\tau = \frac{4\pi\eta a^3}{K\tau}, \qquad (2)$$

η *la viscosité du milieu; a le rayon de la molécule supposée sphérique;* K *la constante de Boltzman;* T *la température absolue.*

Cette théorie concerne les milieux très dilués où les interactions moléculaires sont négligeables.

Notre méthode a consisté à étudier expérimentalement la dispersion de molécules polaires à l'état de liquides purs ou diluées (leur concentration restant notable) dans des milieux non polaires, et à rechercher et interpréter les désaccords entre les données de l'expérience et la théorie de Debye envisagée comme modèle de référence.

La comparaison des divers molécules polaires, monoalcools et polyalcools notamment, à l'état de liquides purs ou de solutions dans le benzène, nous a donné ce résultat remarquable, conforme à la théorie, que même pour des variations énormes de η et de T, le temps de relaxation (τ), varie bien proportionnellement au rapport η/T, la valeur de a restant constante.

Cette valeur de a s'obtient à partir de la courbe expérimentale de dispersion, construite à l'aide de la deuxième méthode de Drude (méthode des fils Lecher), en cherchant quelle valeur il faut donner à a, dans l'expression (1) de Debye, pour que la courbe ainsi obtenue coïncide le mieux possible avec la courbe expérimentale. C'est cette constance de a, propor-

tionnelle à τ indépendamment de la viscosité et de la température, qui nous a rendu possible l'étude comparative du temps de relaxation des différentes molécules. Les données ci-dessous sont relatives à la dilution de molécules polaires dans des solvants non polaires.

Dans les figures 1 et 2, les valeurs de r en ordonnées correspondent aux rapports des (τ) des molécules polaires dans les milieux dilués et dans

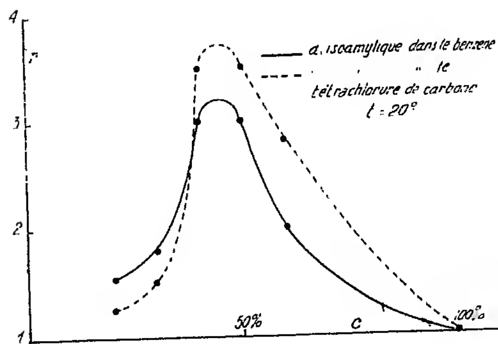


Fig. 1.

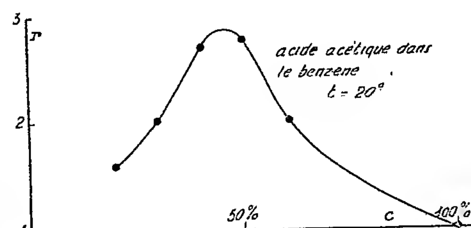


Fig. 2.

le liquide pur. En abscisses sont portées les concentrations en molécules polaires.

Le solvant non polaire ne présentant aucune dispersion, en diluant des molécules polaires dans un tel solvant, nous ne faisons rien d'autre, quant aux effets sur (τ), que de faire varier les distances de ces molécules polaires en intercalant entre elles des molécules non polaires. L'influence (d'une ampleur inattendue) d'une telle dilution sur les valeurs de (τ) ne peut être imputable qu'aux interactions moléculaires.

Des molécules polaires, très différentes, diluées dans C^6H^6 (monoalcools, citral, méthylhepténone, dichlorhydrine), et l'eau dans le dioxane nous ont donné des courbes tout à fait analogues à celles de la figure 1; la plupart, avec des maxima plus élevés. On ne peut donc douter de la généralité du phénomène.

Le temps de relaxation apparaît donc comme un détecteur extrêmement sensible des interactions moléculaires. Les courbes en cloche, montrent que deux sortes d'interactions sont à considérer dans un milieu polaire, celles qui accroissent et celles qui diminuent (τ). La deuxième modalité, particulièrement remarquable, intervient concurremment avec la première à partir d'une distance suffisamment petite des molécules polaires. Dans le liquide pur, si la molécule n'a qu'un moment élémentaire, ces deux types

d'action s'équilibrent à peu près et la valeur trouvée pour a coïncide avec celle déduite des données critiques comme l'avait vu Mizuschima pour les monoalcools. Cependant, si le moment permanent est beaucoup plus petit que celui des monoalcools, la valeur de a est trop grande (acide acétique).

Si la valeur de μ est au contraire beaucoup plus grande que celle des monoalcools, a est trop petit (citral ou méthylhepténone). Chez les polyalcools, où figurent plusieurs moments élémentaires, a est beaucoup trop petit et décroît linéairement avec le nombre de moments élémentaires figurant dans la molécule.

En somme, en ce qui concerne les milieux polaires, deux types d'interaction agissent concurremment; 1° celles qui accroissent le temps de relaxation; 2° celles qui diminuent ce temps de relaxation. Ces dernières sont fonction du moment par unité de volume et de la distance moléculaire.

PHOTOCHIMIE. — *Influence des cathions sur la sensibilité des émulsions photographiques.* Note de M. **André Charriou** et Mlle **S. Valette**, présentée par M. Jean Perrin.

Poursuivant nos recherches sur le rôle des phénomènes d'oxydation et de réduction vis-à-vis de la sensibilité photographique, nous nous sommes proposé d'effectuer l'étude systématique de l'influence des cathions sur la sensibilité d'une émulsion photographique.

Nos expériences ont porté sur une émulsion à l'iodobromure d'argent, à très haute sensibilité (1800° H. et D.), contenant 4,65 pour 100 d'iodure d'argent par rapport à la masse du bromure d'argent.

Des sels métalliques, en solution aqueuse, étaient incorporés à l'émulsion au cours ou à la fin de la maturation en refonte. Après coulage de l'émulsion sur verre et séchage rapide, les plaques étaient exposées au sensitomètre et développées comparativement à des plaques portant une émulsion préparée dans des conditions rigoureusement identiques, mais non additionnée de sels métalliques.

Les sels employés étaient des chlorures, nitrates ou sulfates et nous avons vérifié que les phénomènes constatés sur les émulsions étaient bien dus à la présence des cathions et non à celle des anions.

Résultats expérimentaux. — Les résultats de nos principales expériences sont réunis dans le tableau ci-après :

Nature des sels métalliques.	Nombre de molécules du sel par molécule de bromure d'argent.	Rapport de la sensibilité des émulsions traitées à celle des émulsions normales.	Différence de la densité du voile des émulsions traitées à celle des émulsions normales.
$MgCl^2$..........	0,005 à 0,05	1	−0,1 à −0,2
$CdCl^2$...........	0,0015 à 0,015	1	0
$NiCl^2$...........	0,0037	0,2	+0,4
»	0,01	0,12	+0,5
»	0,017	0,1	+0,6
$CoCl^2$...........	0,012	0,31	0
»	0,03	0,25	0
»	0,06	0,16	0
»	0,18	0,1	0
$FeCl^2$...........	0,00014 à 0,0005	1 à 1,2	0 à +0,2
»	0,0017 à 0,0088	inférieur à 0,01	supérieure à +2
$FeCl^3$...........	0,0066	1	0
»	0,013	0,7	−0,2
»	0,02	0,4	−0,4
»	0,026	0,2	−0,5
$UO^2(NO^3)^2$......	0,004	0,8	+0,1
»	0,016	0,4	+0,5
$Al^2(NO^3)^6$.......	0,006 à 0,012	1	0
$AgNO^3$..........	0,00001	1	0
»	0,0001 à 0,001	1 à 1,2	+0,1 à +0,2
»	0,002	1,5	+0,3
»	0,004	1,9	+0,9
Hg^2Cl^2..........	0,000025	1,2	0
»	0,00006	0,8	0
$HgCl^2$...........	0,0016 à 0,0032	0,02 à 0,01	+0,5
$CuSO^4$..........	0,0085	0,08	−0,1
»	0,02	0,056	−0,1
»	0,04	0,032	−0,2
»	0,12	0,008	−0,2
»	0,24	inférieur à 0,008	−0,3
$Pb(NO^3)^2$.......	0,006	0,4	−0,1
$AuCl^3$..........	0,00045	0,8	0
»	0,0022	0,6	+0,5
$Th(NO^3)^4$.......	0,004	1	0
»	0,008	0,8	0
$Zr(NO^3)^4$.......	0,005	0,9	0
»	0,01	0,65	0
$TlNO^3$..........	0,0065	0,7	0
»	0,013	0,5	+0,1

Nature des sels métalliques.	Nombre de molécules du sel par molécule de bromure d'argent.	Rapport de la sensibilité des émulsions traitées à celle des émulsions normales.	Différence de la densité du voile des émulsions traitées à celle des émulsions normales.
$TlNO^3$..........	0,025	0,3	+0,1
$AsCl^3$...........	0,001	1	0
»	0,005	0,8	0
»	0,01	0,65	0

Conclusions. — Ces expériences montrent que, suivant leur influence sur la sensibilité photographique, les cathions peuvent être classés en quatre catégories :

a. Cathions inactifs vis-à-vis de la sensibilité : Cd, Al et Mg, ce dernier ralentissant la formation du voile chimique.

b. Cathions provoquant une chute de sensibilité ainsi qu'une destruction du voile chimique : Th, Fe‴, Zr, As, Pb, Co et Cu (par ordre d'efficacité croissante).

c. Cathions provoquant une chute de sensibilité ainsi qu'une formation de voile chimique : Tl, U, Au, Ni, Fe″ et Hg″ (par ordre d'efficacité croissante).

d. Cathions provoquant une augmentation de la sensibilité : Hg′, Fe″ (seulement dans le cas des très faibles concentrations) et Ag; pour ce dernier corps, l'élévation de la sensibilité est toujours accompagnée de la formation d'un voile chimique.

Les différences considérables constatées dans l'activité des divers cathions ne semblent pas pouvoir être appliquées par les seules variations du potentiel d'oxydation ou de réduction de ces ions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des gaz* (H, N, O) *sur les photocellules à matières colorantes.* Note (¹) de Mlle **Cécile Stora**, présentée par M. Jean Perrin.

En admettant, pour le mécanisme des phénomènes photovoltaïques, l'hypothèse d'une photolyse de l'eau (²), j'ai montré (³) que, si l'on utilise des matières colorantes comme substances photosensibles, il ne semble pas possible de rendre les auxochromes (NH^2, OH) responsables du photopotentiel observé. Par contre, les photopotentiels négatifs (sur

(¹) Séance du 25 mars 1935.

(²) R. Audubert, *J. de Physique*, 5-7, 1934, p. 486.

(³) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 552.

platine), obtenus avec la forme oxydée d'un grand nombre de colorants, peuvent être interprétés par une réduction du chromophore (leuco = amine).

Cette apparition d'un photopotentiel négatif est explicable.

Les expériences, en effet, ont été effectuées à l'oxygène de l'air (sur des substances très oxydées) dans une solution de $SO^4K^2/100$, solution dans laquelle on peut considérer que l'oxygène, dissous à une pression sensiblement constante, joue le rôle de tampon. On comprend alors que l'oxygène résultant d'une photolyse de l'eau (O^2, H^2) demeure inopérant sur le colorant oxydé, lequel reste sensible aux molécules d'hydrogène.

Schématiquement on peut écrire : l'équilibre entre les formes oxydées et réduites d'un indicateur d'oxydo-réduction : $Ox + H^2 \rightleftharpoons \text{Red}$; l'hypothèse de la photolyse de l'eau : $H^2O + h\nu \rightarrow H^2 + 1/2\,O^2$.

Par suite l'influence d'une atmosphère d'oxygène se traduira : à l'obscurité par $\text{Red} + O^2 \rightarrow Ox$; à la lumière par $Ox + H^2 \rightarrow \text{Red}$ (photopotentiel < 0). L'interversion de ces deux équations indiquera l'influence de l'hydrogène (photopotentiel > 0).

Un processus analogue peut être invoqué quant à l'influence des électrolytes. Un électrolyte de rH supérieur à celui de l'indicateur (oxydant), bloquant la faculté d'oxydation de la molécule, favorisera sa réduction à la lumière (photopotentiel < 0). Inversement, un milieu de très faible rH [réducteur (1)] permettra son oxydation.

L'action des gaz (O, N, H) sur les électrodes photosensibles à matières colorantes, corrobore cette conception. Le photopotentiel négatif sous pression d'oxygène, diminue ou s'inverse dans une atmosphère d'azote et peut devenir très positif par passage d'un courant d'hydrogène. Le processus est réversible.

Les mesures ci-après (Tableaux I et II) ont été effectuées dans une fiole de Michaelis, à une concentration déterminée en ions hydrogène.

Les résultats déjà établis [*loc. cit.*, (2)], en particulier ceux qui concernent les indicateurs de rH, montrent qu'une étroite corrélation existe entre l'équilibre d'oxydoréduction, du colorant adsorbé sur l'électrode, la photopotentiel et la coloration (absorption).

Il y a lieu de rappeler ici les deux types de virages dont les colorants sont le siège. Le premier correspond aux changements de coloration (multiples parfois) d'un indicateur ordinaire de pH, dans un milieu acide

(1) C. Stora, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1034.
(2) C. Stora, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1763.

ou basique. Le deuxième traduit la variation d'équilibre d'oxydoréduction, qui, à l'HP_H constant, fait passer l'indicateur de la forme oxydée (colorée) à la forme réduite (pratiquement incolore).

I. — Colorants dont le processus d'oxydoréduction est réversible.

Pt + bleu de Nil (précision = 1/40e de millivolt).
(Collodion, 0,25 pour 100; colorant, 0g,5 pour 100; pH = 6.)

Hydrogène (sur la forme oxydée à l'air).			Oxygène (sur l'électrode précédente : hydrogène).		
Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.	Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.
h m			h m		
0. 0.....	+600	−0,4	0. 0......	−310	+8
0. 9.....	− 72	+1,6	0.12......	+314	−0,4
0.35.....	−362	-	0.28......	+373	−0,68
0.50.....	−340	+4	1. 4......	+426	−0,68
1.20.....	−336	+5,4	2. 5......	+444	−0,55
13.30.....	−310	+8	12.45......	-	−0,55

Pt + bleu de méthylène (précision = 1/40e de millivolt).
(Collodion, 1,5 pour 100; colorant, 2g pour 100; pH = 7.)

Hydrogène (sur la forme oxydée à l'air).			Oxygène (électrode précédente à hydrogène).		
Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.	Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.
h m			h m		
0. 0.....	+470	−8	0. 0......	−398	+1
0.15.....	−388	+0,2	0.10......	+414	−2
0.57.....	−396	+0,3	1.40......	+420	−2,45
1.21.....	−397	+0,5			
2.36.....	−398	+0,5			
8.15.....	−398	+1			

II. — Processus d'oxydoréduction irréversible.

Pt + vert brillant. (Collodion, 1,5 pour 100; colorant, 0g,5 pour 100; SO^4H^2/100.)

Hydrogène (sur la forme oxydée à l'air).			Oxygène (électrode précédente).		
Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.	Temps.	E_h en millivolts.	Photopotentiel en millivolts.
h m			h m		
0. 0.....	+444	+1	0. 0......	+ 28	+2,3
0.28.....	+ 28	-	1.........	+282	-
1. 4.....	− 6	-	2.........	+304	+1,3
1.55.....	− 21,6	+1,6	20.........	+338	+1,28
2.40.....	+ 2	+2,3			
19........	+ 28	+2,3			

Dans une électrolyte, tamponné en ions hydrogène, le photopotentiel est lié au deuxième mode de virage, la lumière décolorant (réduisant) la forme oxydée pour recolorer la forme réduite.

On est ainsi conduit à penser, quelle que soit la théorie chimique ou physique adoptée pour justifier la coloration (quinonique, ion coloré, etc.) que la lumière, par un mécanisme encore supposé, affecte dans la molécule, le groupement ou l'atome responsable de la couleur, groupement auquel est aussi attribué l'équilibre d'oxydoréduction.

RAYONS X. — *Étude du spectre* L *du mercure.*

Note (¹) de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

Les rares données quantitatives que l'on possède sur le spectre X caractéristique du mercure sont très peu concordantes (²), ce qui peut justifier une nouvelle étude de l'émission de cet élément.

J'ai analysé son spectre L à l'aide d'un spectrographe à focalisation, utilisant un mica courbé sous 40^{cm} de rayon. Le mercure a été employé soit sous forme d'amalgame d'argent à l'intérieur d'un tube Coolidge, soit à l'état de liquide pur, bombardé à l'air libre par un faisceau d'électrons, suivant une technique analogue à celle établie par H. Hulubei et moi-même pour l'étude de l'émission X caractéristique des gaz (³). Suivant la nature des raies à observer, les temps de pose ont varié entre 5 minutes et 1 heure avec, pour le tube Coolidge, un débit de 20 milliampères sous 40 kilovolts, et quelques dizaines de microampères d'électrons excitateurs, sortant d'une fenêtre en nickel mince, dans le cas de l'excitation à l'air libre. Les clichés ont été analysés à l'aide d'un comparateur et d'un microphotomètre de Moll et mesurés par l'intermédiaire des références suivantes (¹): spectres K de : argent, strontium, rubidium, zinc, cuivre, nickel, fer; raies $L\gamma_1$, β_1, β_2, β_3, α_1 du tungstène, $L\alpha_1$ du plomb.

La partie des résultats déjà obtenus qui concerne les raies L du mercure les plus fortes figure dans le Tableau I. Il y a bon accord pour les quatre raies intenses : α_1, β_1, β_2, γ_1 entre les valeurs mesurées et celles obtenues par Friman dans ses mesures de précision au *Tubusspektrograph*. Dans

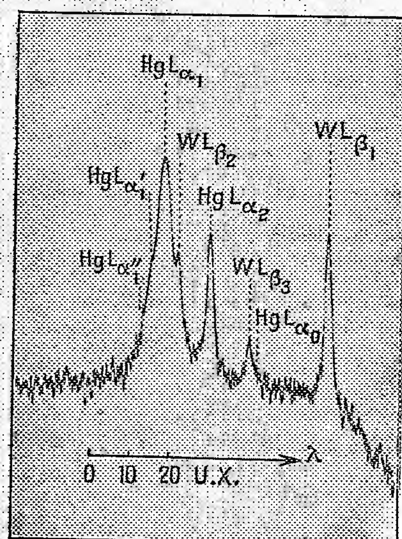
(¹) Séance du 25 mars 1935.

(²) Voir Siegbahn, *Spektroskopie der Röntgenstrahlen*, 2te Auflage.

(³) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1590; 197, 1933, p. 644 et 681.

l'ensemble les écarts avec les données des autres auteurs sont souvent très grands et ne sont pas systématiques. Remarquons que les raies γ_2 et γ_6 données par Eddy et Turner comme confondues constituent en réalité un doublet bien séparé dans lequel γ_6 est la composante la plus courte et la plus intense.

Il a été observé pour la première fois au cours de ce travail que $L\alpha_1$ du mercure est accompagnée d'une bande large et nette, peut-être résoluble, qui s'étend à partir de α_1 vers les courtes ondes sur environ 8 U.X; on y distingue deux raies fines (α'_1, α''_1 Tableau I). La raie notée α_0 a surtout paru dans le spectre du mercure liquide pur, ce qui a permis de la distinguer de



Microphotogramme du groupe HgLα, 1er ordre. Grossissement : 7.
(Les raies normales sont surexposées.)

la raie voisine $L\beta_3$ du tungstène qui peut être émise dans le cas de l'excitation à l'intérieur du tube Coolidge à filament de tungstène.

Dans le Tableau II sont rassemblées les valeurs des fréquences des niveaux du mercure que l'on a pu déduire des raies d'émission figurant dans le Tableau I, en admettant pour les discontinuités d'absorption $L : L_I = 1092{,}40$, L_{II} 1046,44; $L_{III} = 904{,}53$ en ν/R (*loc. cit.*) (absorption L du bichlorure de mercure).

TABLEAU I.

	Longueurs d'onde (en unités X) d'après				ν/R d'après l'auteur.
	Müller.	Eddy et Turner.	Friman.	L'auteur.	
$L_I\ M_{II}$: β_4...	1068,6	1069,2	–	$1070,0_1$	$851,6_4$
M_{III} : β_3...	1030,1	1030,46	–	$1031,4_5$	$883,4_8$
N_{II} : γ_2...	869,5	872,4	–	$873,6_4$	$1043,0_7$
N_{III} : γ_3...	–	866,2	–	$867,3_6$	$1050,6_2$
O_{II} : γ'_4...	834,8	836,1	–	$838,4_0$	$1086,9_1$
O_{III} : γ_4...	834,8	876,1	–	$837,2_1$	$1088,4_6$
$L_{II}\ M_I$: η....	1161,9	1161,6	–	1161,6	784,5
N_I : γ_5...	914,4	922,9	–	$922,6_2$	$987,7_0$
M_{IV} : β_1...	1045,8	1045,49	1046,52	$1046,5_0$	$870,7_8$
N_{IV} : γ_1...	893,5	893,53	894,6	$894,6_1$	$1018,6_2$
O_{IV} : γ_6...	–	872,4 (γ_2)	–	$871,3_9$	$1045,7_6$
$L_{III}\ M_I$: l....	1418,3	1418,41	–	1418,7	642,3
N_I : β_6...	1077,4	1076,8	–	$1077,5_2$	$845,7_1$
M_{IV} : α_2...	1249,7	1249,51	–	$1250,0_5$	$728,9_7$
M_V : α_1...	1238,5	1238,48	1238,63	$1238,6_4$	$735,7_0$
N_V : β_2...	1037,5	1036,55	1037,70	$1037,5_6$	$878,2_8$
$O_{IV,V}$: β_5...	1007,8	1006,7	–	$1007,7_9$	$904,2_2$
Raies faibles dans le groupe $L\alpha$...				$\alpha''_1 = 1233,5_6$	$738,7_3$
				$\alpha'_1 = 1235,3_7$	$737,6_5$
				$\alpha_0 = 1261$	722

TABLEAU II.

Niveau.	ν/R.	Niveau.	ν/R.	Niveau.	ν/R.
M_I...	$261,9_8$ ($\eta - L_{II}$) $262,2_2$ ($l - L_{III}$)	N_I....	$58,7_4$ ($\gamma_5 - L_{II}$) $58,8_2$ ($\beta_6 - L_{III}$)	–	–
M_{II}...	$240,7_6$ ($\beta_4 - L_I$)	N_{II}...	$49,3_3$ ($\gamma_2 - L_I$)	O_{II}...	$5,4_9$ ($\gamma'_4 - L_I$)
M_{III}..	$208,9_2$ ($\beta_3 - L_I$)	N_{III}...	$41,7_8$ ($\gamma_3 - L_I$)	O_{III}...	$3,9_4$ ($\gamma_4 - L_I$)
M_{IV}..	$175,6_6$ ($\beta_1 - L_{II}$) $175,5_4$ ($\alpha_2 - L_{III}$)	N_{IV}...	$37,8_2$ ($\gamma_1 - L_{II}$)	O_{IV}...	$0,6_8$ ($\gamma_6 - L_{II}$)
M_V...	$168,8_3$ ($\alpha_1 - L_{III}$)	N_V...	$26,2_5$ ($\beta_2 - L_{III}$)	$O_{IV,V}$.	$0,3_1$ ($\beta_5 - L_{III}$)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La place des protons et des neutrons dans la systématique naturelle des éléments.* Note (¹) de M. C. G. **Bedreag**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons donné un graphique (²) et un tableau représentant une systématique nouvelle des éléments à $N = 1 \rightarrow 92$ et de leurs 19 familles naturelles. La base de cette systématique est une représentation à deux dimensions de la suite discrète des nombres atomiques $N = 1 \rightarrow 92$ par rapport aux configurations électroniques respectives des atomes pris à l'état neutre, ou dans des états ionisés quelconques.

1. *Première extrapolation* $92 < N < 96$. — L'examen des configurations électroniques des éléments $N = 86$ — Em. → $N = 92$ — Ur, comparées aux configurations de leurs homologues respectifs des périodes qui les précèdent dans la systématique naturelle, nous a conduit (³) à envisager comme nécessaire l'existence d'éléments $N = 93, 94, 95, 96$ par lesquels la sixième couche électronique P sera saturée de ses 10 électrons d; de sorte que l'élément $N = 96$ ait la configuration saturée

$$2 + 2,6 + 2,6.10 + 2,6.10.14 + 2,6.10 + 2,6.10 = 96 \text{ électrons.}$$

Or, l'année dernière, E. Fermi (⁴) et ses collaborateurs à Rome sont arrivés à obtenir, par l'action d'un faisceau puissant de neutrons provenant d'une source (αEm-Be) et tombant sur une préparation d'Ur-$N = 92$ un produit radioactif nouveau, avec une durée de vie de 13 minutes et, auquel Fermi assigne les propriétés d'un élément nouveau à $N = 93$.

Tout récemment (⁵) cette expérience de Fermi fut répétée par Otto Hahn et Lise Meitner à Berlin-Dahlem, qui retrouvèrent dans le préparat de Fermi les quatre périodes de vie : 10 secondes, 40 secondes, 13 minutes et 90 minutes; ils assignèrent à trois de ces produits radioactifs nouveaux les propriétés des éléments $N = 93$, $N = 94$, $N = 95$.

Ce qui constitue une vérification de notre extrapolation.

(¹) Séance du 25 février 1935.

(²) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 838.

(³) *Buletin Fac. St. Cernautzi*, **2**, 1928, p. 44; **6**, 1932, p. 197. *Bull. Sc. Ac. Roum.*, **16**, 1933, p. 27.

(⁴) Fermi, *Nature*, **133**, 1934, p. 898.

(⁵) O. Hahn et E. Meitner, *Naturwissenschaften*, **23**, 1935, p. 37.

2. *Une seconde extrapolation*, du côté des $N < 1$ et des configurations électroniques O, nous conduit au tableau suivant, où nous constatons, dans la nouvelle colonne d'ordre électronique O, justement *les composants* ou *constituants massiques* des noyaux atomiques :

Pour $N = 2$, les particules $\alpha = He^{++}$; α_2^4;
Pour $N = 1$, les protons (+) $\pi^+ = H^+$; π'_1;
Pour $N = 0$, les neutrons $\eta_0 = H^{\pm}$; η_0^1;
Pour $N = -1$, les protons (—) $\pi^- = H^-$; π_{-1}^1.

Configurations électroniques extérieures

Nombres atomiques intérieurs -N-	0	$1S_K$	$2S_K$	$2S_K^+$ $1S_L$	$2S_K^+$ $2S_L$	$2S_K^+$ $2S_L^+$ $1P_L$
-1	$\pi^- \bullet = H^-$					
0	$\eta_0 \bullet = H^{\pm}$					
1	$\pi^+ \bullet = H^+$	H ●				
2	$\alpha^{++} \bullet = He^{++}$	He^+ ●	He ○			
3		Li^{++} ●	Li^+ ○	Li ●		
4			Be^{++} ○	Be^+ ●	Be ●	
5			B^{+++} ○	B^{++} ●	B^+ ●	B ●

Mais si l'on peut obtenir l'extrapolation précédente $N > 92$ par tous les tableaux-systèmes des éléments :

Cette seconde extrapolation $1 \geqq N \geqq -1$ *n'est possible que dans notre représentation graphique, où l'on peut faire correspondre à un même nombre atomique plusieurs configurations électroniques, qui sont les divers états d'ionisation d'un même atome; et à une même configuration électronique l'on peut faire correspondre plusieurs nombres atomiques, donc des éléments ou constituants différents, pris à des degrés d'ionisation variables.*

3. *Constituants électroniques des noyaux atomiques.* — En regard des constituants massiques π^+, η_0, π^-, α, du tableau précédent, on peut tracer respectivement les *constituants électroniques* $+\varepsilon$, η, $-e$, aux masses $= 1/1800 \to 0$ et aux nombres atomiques $+1$, 0, -1 :

Pour N = +1, électrons positifs $+\varepsilon_1^0$, correspondant aux protons (+) : π_1^1;
Pour N = 0, neutrines η_0^0, correspondant aux neutrons : n_0^1;
Pour N = −1, rad. β, électrons $-e_{-1}^0$, correspondant aux protons (−) : $\pi^-|_{-1}^1$.

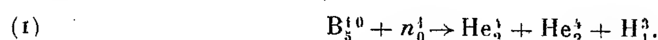
4. *Physique moléculaire.* — Ces nouveaux *constituants, massiques* et *électroniques*, entrent dans les nouvelles réactions nucléaires, dont nous donnons ici quelques schémas généraux :

a. Les protons (+) : $N_n^m + \alpha_2^4 \rightleftharpoons N_{n+1}^{m+3} + \pi_1^1$;
b. Les neutrons : $N_n^m + \alpha_2^4 \rightleftharpoons N_{n+2}^{m+3} + n_0^1$;
c. Les électrons (+) : $\pi_1^1 = n_0^1 + \varepsilon_1^0$);
d. Les électrons (−) : $n_0^1 = \pi_1^1 + (-e)_{-1}^0$;
e. Les protons (−) : $n_0^1 = \pi^-|_{-1}^1 + \varepsilon|_1^0$.

Ces schémas généraux montrent clairement qu'on est en droit aujourd'hui de comprendre les nouveaux composants massiques π^+, *n*, π^-, α, *ainsi que les composants électroniques plus anciennement connus, les rad.* β, (— *e*), (+ ε), *et les* (η_0^0) *dans une même systématique naturelle des éléments et de leurs composants physiques.*

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La désintégration du bore par des neutrons lents.* Note de MM. **B. Kurtchatov**, **J. Kurtchatov** et **G. Latychev**, présentée par M. Paul Langevin.

Fermi, Pontecorvo et Rasetti ont découvert que les neutrons lents sont fortement absorbés dans le bore. Cette absorption n'entraîne pas la formation d'un noyau radioactif, comme dans le cas de l'argent, par exemple. Chadwick et Goldhaber [1] ont montré ensuite, au moyen du compteur de Wynn-Williams, qu'elle entraîne l'émission de particules qui portent une double charge élémentaire et dont la trajectoire dans l'air est inférieure à 5mm. Il ont admis que la désintégration avait lieu suivant l'équation



(1) $$B_5^{10} + n_0^1 \rightarrow He_2^4 + He_2^4 + H_1^3.$$

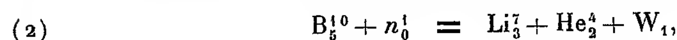
Nous rendons compte des résultats de nos essais, obtenus suivant la méthode de Wilson. Comme il semblait essentiel que les atomes de bore se trouvassent à l'état de vapeur dans la chambre de détente, nous avons utilisé le

(1) *Nature*, 135, 1935, p. 65.

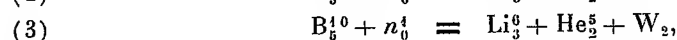
borate de méthyle $(CH^3O)^3B$, dont la tension de vapeur, à la température de la chambre, était voisine de 50^{mm} de mercure. La chambre de détente employée dans ces expériences a été décrite dans un autre article. La source de neutrons était une ampoule, contenant du glucinium et de l'émanation de radium, dont l'activité était de l'ordre de 300 à 500 millicuries; elle était entourée de 10^{cm} de plomb, pour empêcher que le rayonnement γ pénétrât dans la chambre. En présence de la source de neutrons, on pouvait observer en moyenne une à dix trajectoires par détente, suivant les positions relatives de la source et de la chambre.

En remplaçant le borate de méthyle par l'alcool méthylique, on n'observait plus qu'une trajectoire en moyenne pour trente détentes; le phénomène est donc bien lié à la présence du bore. Nous avons photographié soixante cas de désintégration de l'atome de bore. On peut constater sur les clichés que cette désintégration s'accompagne de l'émission *de deux particules* lourdes, et *non trois* comme le pensaient Chadwick et Goldhaber. Dans plusieurs cas, on a observé la divergence nette des deux trajectoires, démontrant l'existence de désintégrations provoquées par des neutrons plus rapides, et on les a mesurées séparément. Les longueurs des trajectoires sont : $9^{mm},3$ et 3^{mm}.

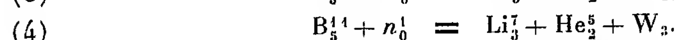
Pour interpréter la formation de deux particules projetées dans des directions différentes on peut supposer les réactions suivantes :



(2) $$B_5^{10} + n_0^1 = Li_3^7 + He_2^4 + W_1,$$



(3) $$B_5^{10} + n_0^1 = Li_3^6 + He_2^5 + W_2,$$



(4) $$B_5^{11} + n_0^1 = Li_3^7 + He_2^5 + W_3.$$

La réaction primaire conduit à la libération de l'énergie

$$W_1 = 10,0135 + 1,008 - 7,0136 - 4,0022 = 0,057 \text{ u. de masse.}$$

Dans le cas d'une désintégration suivant ce schéma, on doit obtenir des particules α possédant une énergie de $3,3.10^6$ électrons-volts, c'est-à-dire une trajectoire de 2^{cm} environ (¹). Les trajectoires observées étaient plus courtes. Cela peut provenir d'inexactitudes dans la détermination des masses figurant dans l'équation de réaction. Mais il est également possible que la désintégration du bore se passe suivant les équations (3) et (4). C'est plutôt en étudiant les trajectoires des noyaux de recul que l'on peut espérer faire la discrimination entre les trois schémas de réaction proposés. Dans

(¹) Voir BRIGGS, *Proc. of the Royal Soc. of London*, **114**, 1927, p. 347.

certains cas, on a observé que, dans le gaz, peuvent prendre naissance des trajectoires plus longues, jusqu'à 4^{cm}, peu nombreuses et d'origine inconnue.

La désintégration du bore est plus intense avec des neutrons lents qu'avec des neutrons rapides. Lorsque la source est entourée de 10^{cm} d'eau, le nombre des trajectoires est dix à douze fois plus grand qu'en l'absence de cette enveloppe.

D'après ces résultats, on peut évaluer la section effective correspondant à la désintégration du bore par les neutrons lents; elle est égale à $\sigma = 10^{-24}\,cm^2$, si l'on admet que la source émet 10^6 neutrons par seconde.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur un cas de radioactivité artificielle provoquée par un bombardement de neutrons, sans capture du neutron.* Note de MM. **B. Kourtchatow**, **I. Kourtchatow**, **L. Myssowsky**, **L. Roussinow**, présentée par M. P. Langevin.

En étudiant le rayonnement γ du brome, nous avons reconnu l'existence d'une troisième durée de vie, égale à 36 heures, en plus des périodes déjà connues, respectivement égales à 18 minutes et 4 heures 30 minutes.

Comme source nous avons employé une ampoule contenant du beryllium et de l'émanation de radium, dont l'intensité était 400 millicuries. Les atomes de brome se trouvaient sous la forme de brométhyle (400^{cm^3}). L'irradiation durait jusqu'à 60 heures, le liquide étant entouré d'eau. Nous avons isolé l'élément radioactif suivant la méthode de Sillard. L'émission de rayonnement γ était observée au moyen d'un tube-compteur de Geiger-Müller. Les rayons β étaient absorbés par 2^{mm} de plomb.

C'est ainsi que nous avons pu constater, après l'achèvement des deux désintégrations déjà connues, l'existence d'une période de désintégration plus longue, correspondant à une intensité moyenne de 500 décharges par minute. La fréquence du rayonnement γ, évaluée suivant la méthode d'affaiblissement à travers une certaine épaisseur de plomb, correspondait à un quantum de $6,5.10^5$ électron-volts. Ce résultat a été vérifié par la mesure de l'absorption dans le fer et par l'observation de la déviation des électrons de recul, dans une chambre de Wilson, au moyen d'un champ magnétique.

D'autres expériences ont montré que l'élément de longue période émet, outre le rayonnement γ, des particules légères qui, d'après l'étude de leur déviation magnétique, doivent être des particules β. Le nombre des décharges provoquées par les particules β, dans le tube-compteur, est seu-

lement 6 à 10 fois le nombre de celles provoquées par les rayons γ. Cela indique que les rayons β sont des électrons de vitesse relativement faible, fortement absorbés dans la paroi du tube, constituée par une feuille de cuivre de $1,10^{-3}$ cm. L'énergie maxima de ces électrons, d'après leur absorption dans l'aluminium et leur déviation dans le champ magnétique, était voisine de 6.10^5 électron-volts.

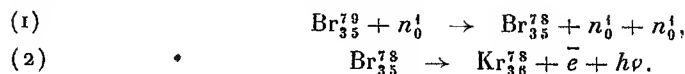
D'après la grandeur de la radioactivité du nouvel élément observé, et d'après la réaction chimique qui permet de l'isoler, il faut conclure que nous avons affaire à un isotope du brome. Pour établir définitivement sa nature, nous avons réalisé les réactions chimiques suivantes :

En agitant le brométhyle avec de l'eau, on fait passer la plus grande partie de la substance radioactive en solution aqueuse, où elle accompagne l'acide bromhydrique. A une portion de cette liqueur, on ajoute de l'anhydride arsénique, et à une autre portion de l'anhydride sélénieux, puis on précipite l'arsenic sous forme de sulfure, et le sélénium sous forme de sélénite de baryum.

Ces deux précipités ne sont pas radioactifs, cela montre que l'élément radioactif n'est pas un isotope de l'arsenic, ni du sélénium. Ensuite on a précipité le brome sous forme de bromure d'argent et, par une deuxième précipitation, on a montré que l'élément radioactif se trouvait entièrement dans le premier précipité. A titre de contrôle, le précipité radioactif de bromure d'argent a été, après la fin des deux premières désintégrations, traité par le mélange sulfochromique. Le brome se trouvait libéré, sa vapeur réabsorbée dans une solution ammoniacale, d'où on le séparait à nouveau sous forme d'un précipité de bromure d'argent, dans lequel on retrouvait toute la radioactivité du produit initial. L'élément radioactif est donc bien un nouvel isotope instable du brome.

La comparaison des résultats obtenus avec ceux de Fermi, qui a découvert deux isotopes instables du brome (Br^{80} et Br^{82}), montre que la production du troisième isotope instable ne peut pas avoir lieu avec capture du neutron, car le brome, élément impair, ne peut posséder que deux isotopes stables. Si l'on rejette des hypothèses spéciales comme l'émission simultanée de deux particules de signes opposés après le choc du neutron, ou comme l'existence de deux noyaux isomères, il ne reste qu'une possibilité : la transmutation sous l'action d'un neutron avec émission d'un second neutron, sans fixation du premier. Cette réaction ne peut donner qu'un isotope de masse atomique inférieure (Br^{79}). La désintégration du troisième

isotope peut être formulée ainsi :




(1) $$Br^{79}_{35} + n^{1}_{0} \rightarrow Br^{78}_{35} + n^{1}_{0} + n^{1}_{0},$$

(2) $$Br^{78}_{35} \rightarrow Kr^{78}_{36} + \bar{e} + h\nu.$$

D'après la réaction (2), on peut calculer la masse atomique du nouvel isotope radioactif. En prenant égale à 77,926 la masse atomique du krypton, et pour l'énergie des rayons β et γ, $1,5.10^{6}$ électron-volts, nous obtenons la masse atomique de l'isotope du brome égale à 77,9215.

Cette valeur surpasse de 0,0065 la différence $Br^{79} - n^{1}_{0}$. Cela montre que la réaction (1) ne peut se produire qu'avec des neutrons rapides, d'énergie au moins égale à $6,5.10^{6}$ électron-volts. L'intensité des rayonnements du nouvel isotope permet de calculer la section effective de la réaction (1), en supposant égale à 10^{6} par seconde le nombre des neutrons émis par la source. La section effective est égale à $2,4.10^{-25}$ cm^{2}.

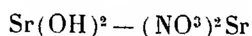
L'étude du rendement de la réaction en fonction de l'énergie des neutrons utilisés, pourra fournir une vérification des hypothèses que nous avons faites sur le mécanisme de la réaction (1).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du système binaire nitrate de strontium-hydroxyde de strontium.* Note (1) de M. **Georges Wolf**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les nitrates basiques alcalino-terreux ont été étudiés par voie humide, principalement ceux de calcium qui ont un emploi comme engrais.

Aucune combinaison définie entre le nitrate et l'oxyde n'a été signalée en ce qui concerne le strontium.

Une étude méthodique par voie sèche du système



$$Sr(OH)^{2} - (NO^{3})^{2}Sr$$

a été rendue possible par le fait que les deux constituants atteignent la température de fusion sans subir de décomposition immédiate.

Le diagramme ci-après, résumant cette étude, a été obtenu par la méthode dite d'analyse thermique. Une centaine de courbes de refroidissement ont été enregistrées dans des conditions identiques à l'aide d'un couple chromel-alumel.

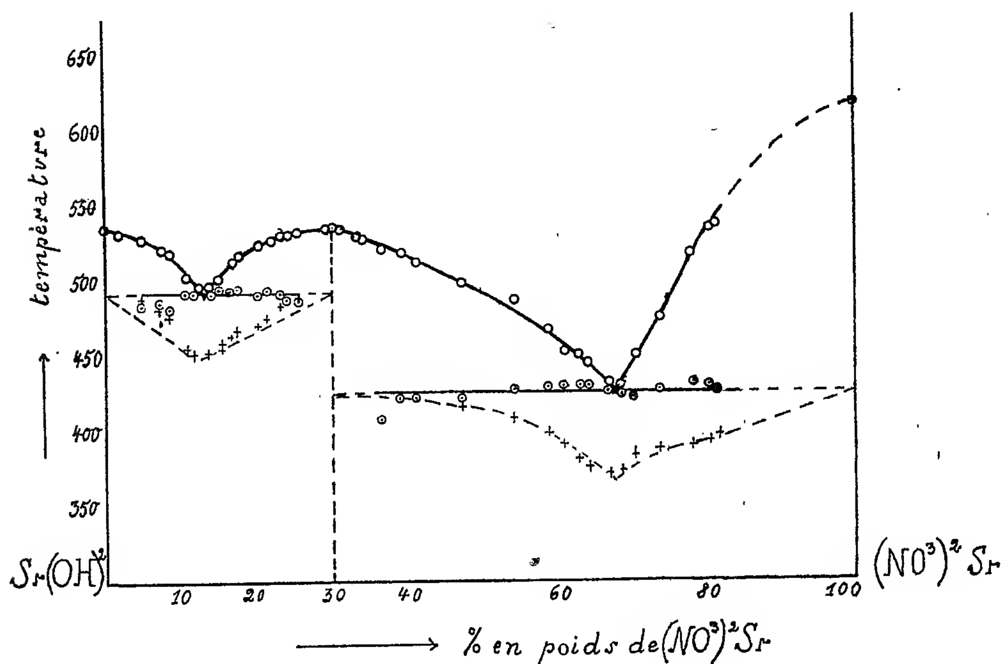
(1) Séance du 25 mars 1935.

Nous n'avons pas trouvé de creuset complètement inattaquable. La porcelaine résiste mal et introduit rapidement des impuretés. Les métaux sont tous attaqués, le platine moins que les autres, nous l'avons donc utilisé.

De minutieuses précautions sont nécessaires pour éviter toute carbonatation de la strontiane fondue.

L'air arrivant au contact du creuset doit être soigneusement débarrassé par la soude de l'acide carbonique qu'il renferme.

Enfin il convient d'opérer le plus rapidement possible et de ne pas élever

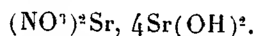


inutilement la température parce que l'hydrate de strontiane fondu possède une tension de dissociation appréciable (¹), et que le nitrate commence à émettre des vapeurs nitreuses très peu au-dessus de sa température de fusion 615°. Ce point avait fait l'objet de plusieurs déterminations concordantes que nous avons pu confirmer. Il n'en est pas de même de la température de fusion du monohydrate de strontiane, pour lequel de Forcrand (²)

(¹) JOHNSTON, *J. Am. Chem. Soc.*, 30, 1908, p. 1357.
(²) *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 165.

indique 375° et Balarew [1] 495°. Nos mesures faites sur un produit exempt de baryum et d'acide carbonique, ont donné 535° ± 2.

La courbe de fusion commençante du diagramme montre un maximum relatif à 530° pour un mélange renfermant 30,5 pour 100 de nitrate, ce qui correspond à la formule



$$(NO^3)^2Sr, 4Sr(OH)^2.$$

Les deux points d'eutexie situés de part et d'autre du maximum sont respectivement à 492 et 422° pour des teneurs en nitrate de 13 et 67,5 pour 100.

Le composé défini ne doit pas être très stable, à en juger par la forme de la courbe. L'eau le dissout en le décomposant; la solution évaporée lentement abandonne d'abord des cristaux de $Sr(OH)^2, 8H^2O$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diagrammes de solidification des alliages formés par deux métaux alcalins : alliages potassium-rubidium.* Note [2] de M. **E. Rinck**, présentée par M. Georges Urbain.

Ayant examiné successivement les alliages du sodium avec le potassium, le rubidium et le cæsium [3], nous avons abordé l'étude des alliages potassium-rubidium.

Le diagramme de solidification ci-après met en évidence que le potassium et le rubidium sont complètement miscibles à l'état solide. Ce fait n'était pas inattendu, les dimensions des rayons atomiques de ces métaux étant très voisines (K : $2,23.10^{-8}$ cm; Rb : $2,36.10^{-8}$ cm). Le liquidus et le solidus, très rapprochés, présentent un minimum aplati à 32°,8 C, correspondant exactement à la composition K + 2Rb.

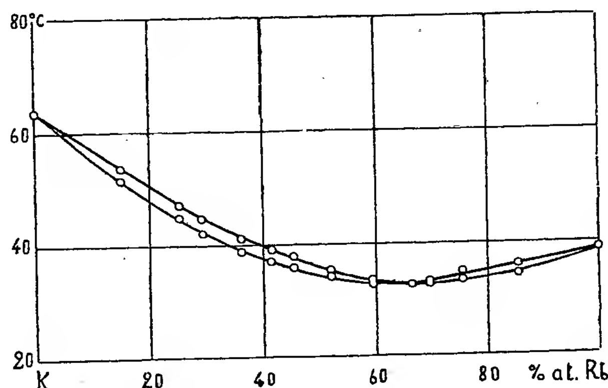
Ne pouvant discerner, par l'analyse thermique, si ce minimum correspond à un eutectique ou à la combinaison définie KRb^2, nous avons fait l'étude microscopique de ces alliages.

A cet effet nous avons adapté sur l'appareil antérieurement décrit [4] un tube latéral large dans lequel on coule le métal qui vient d'être soumis à l'analyse thermique. Le tube étant séparé du reste de l'appareil, on

---

(1) *Z. anorg. Chem.*, **134**, 1924, p. 117.
(2) Séance du 25 mars 1935.
(3) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 49 et 1404 : **199**, 1934, p. 1217.
(4) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 49.

procède tout d'abord à une recristallisation très lente de l'alliage, puis on ouvre le tube à température ordinaire sous l'huile de paraffine soigneusement dépourvue d'air. Dans ces conditions les alliages se conservent pendant un temps suffisamment long pour permettre leur examen au microscope, dont lobjectif est immergé dans l'huile.



Cet examen a montré la parfaite identité des cristaux de compositions les plus variées. On peut en conclure que le potassium et le rubidium forment une seule série de cristaux mixtes. Ce résultat sera d'ailleurs contrôlé par une méthode électrique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la décomposition thermique du chlorure et des chlorosels du palladium.* Note de M. **François Puche**, présentée par M. Marcel Delépine.

Joannis ([1]) a donné $40^{Cal},48$ comme chaleur moléculaire de formation à température ordinaire du chlorure palladeux; de cette valeur on conclut que le chlorure palladeux doit se dissocier en palladium et chlore à une température assez élevée : c'est ce que nous avons pu vérifier.

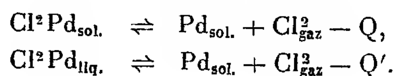
Le chlorure palladeux était préparé par action d'un courant de chlore sur de la mousse de palladium vers 350°; pour séparer des produits non attaqués, on dissolvait dans l'acide chlorhydrique étendu et après filtration la solution était évaporée au bain de sable; le résidu était alors légèrement calciné.

([1]) *Comptes rendus*, 95, 1882, p. 295.

La dissociation du chlorure commence vers 600°; elle atteint la tension normale vers 920°. Nous avons étudié l'équilibre jusqu'à 995°. Le produit retiré alors du four à dissociation a l'aspect d'un corps fondu et solidifié et, à côté du chlorure non décomposé, on n'y trouve que du palladium métallique. Les tensions obtenues sont rassemblées dans le tableau suivant : elles nous ont permis de fixer la température et la chaleur moléculaire de fusion du chlorure palladeux.

Températures en degrés C...	605	633	652	665	678	694	712
Températures absolues......	878	906	925	938	951	967	985
Tensions (en mm de Hg).......	8,9	17,8	26,6	35,1	46,8	58,1	77,8
Températures en degrés C...	739	756	762	774	799	811	825
Températures absolues......	1012	1029	1035	1047	1072	1084	1098
Tensions (en mm de Hg).......	103	130	145	173	230	269	300
Températures en degrés C...	831	848	855	870	877	889	910
Températures absolues......	1104	1121	1128	1143	1150	1162	1183
Tensions (en mm de Hg).......	324	382	441	483	510	591	642
Températures en degrés C...	916	919	948	955	982	995	–
Températures absolues......	1189	1192	1221	1228	1255	1268	–
Tensions (en mm de Hg).......	710	747	938	987	1152	1237	–

En effet, la courbe logarithmique de cette dissociation, établie comme celle du chlorhodate de baryum (1), se compose de deux fragments de droite se coupant au point $T = 936° + 273°$, $P = 862^{mm}$ qui fixe la température de fusion du chlorure, le second fragment de droite étant moins relevé sur l'axe des abscisses que le premier. D'autre part, les coefficients angulaires de ces droites mesurent les effets thermiques Q et Q′ des deux équilibres :



$$Cl^2Pd_{sol.} \rightleftharpoons Pd_{sol.} + Cl^2_{gaz} - Q,$$
$$Cl^2Pd_{liq.} \rightleftharpoons Pd_{sol.} + Cl^2_{gaz} - Q'.$$

On trouve ainsi

$$Q = 26^{Cal},3, \qquad Q' = 17^{Cal},3.$$

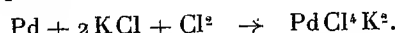
Ce qui donne pour la chaleur moléculaire de fusion du chlorure palladeux

$$Q - Q' = 9^{Cal} \text{ (chaleur négative)}.$$

Les chlorosels dérivés des chlorures de palladium, s'ils se décomposent en donnant le palladium métallique, auront pour une même température des tensions de chlore inférieures à celle du chlorure palladeux. C'est ce

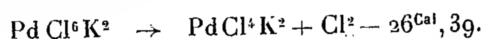
(1) G. Gire et F. Puche, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 630.

que laisse prévoir la chaleur de formation du chloropalladite de potassium qui est de $52^{Cal},67$ [1] pour



$$Pd + 2KCl + Cl^2 \rightarrow PdCl^4K^2.$$

Par contre la chaleur de formation du choropalladate rapportée à 1^{mol} de chlore ($79,06/2 = 39^{Cal},53$) [1], si elle est à peu peu près égale à celle du chlorure palladeux, est sensiblement inférieure à celle du chloropalladite. L'ordre de ces chaleurs de réaction doit rester le même aux températures de dissociation : on sait en effet que le chloropalladate ne se décompose pas en donnant d'abord le palladium métallique mais en donnant le choropalladite selon



$$PdCl^6K^2 \rightarrow PdCl^4K^2 + Cl^2 - 26^{Cal},39.$$

Nous avons vérifié la réversibilité de cette réaction; dès 175° le chloropalladate se transforme en chloropalladite et l'équilibre atteint la tension normale aux environs de 280°.

Les chlorosels du palladium se conduisent donc à l'inverse de ceux du platine. M. G. Gire [2], qui a étudié la décomposition thermique du chloroplatinate de potassium en platine, chlore et chlorure du potassium, a montré que si l'on chauffe aux mêmes températures du chloroplatinite, celui-ci se décompose mais le chlore libéré reforme avec les éléments de décomposition le chloroplatinate qui est plus stable.

Nous nous proposons d'étudier d'une façon plus précise la stabilité relative de ces chlorosels du palladium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption ultraviolet de dérivées du sulfure de diphénylène et de la diphénylènesulfone.* Note de M. **Maurice Chaix**, présentée par M. Marcel Delépine.

Complétant notre étude des dérivés contenant deux noyaux benzéniques [3], nous avons déterminé les spectres d'absorption de quelques dérivés mono et bisubstitués du sulfure de diphénylène et de la diphénylènesulfone : dérivés halogéné et nitré en 3 ou 3.6 [4] du sulfure de diphé-

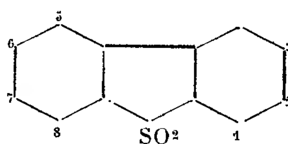
(1) Thomsen, *J. Prakt. Chem.*, 2e série, 15, 1877, p. 435-454.

(2) *Ann. de Chimie*, 4, 1925, p. 203.

(3) Chaix, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 697.

(4) Courtot, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2262; Chaix et de Rochebouet, *Bull. Soc. chim.*, 5e série, 1935, 2, p. 273.

nylène, dérivés halogénés en 2 ou 2.7 (1), 3 ou 3.6 de la diphénylènesulfone. Du simple examen visuel de la diamino-2.7-diphénylènesulfone, corps fortement coloré en jaune et de la diamino-3.6-diphénylènesulfone, corps parfaitement blanc lorsqu'il vient d'être préparé, nous devons en déduire une influence très marquée de la position des subtituants et nous avons étudié les spectres d'absorption ultraviolet des dichloro et dibromo-2.7, des dichloro et dibromo-3.6-diphénylènesulfone, des chloro-2 et chloro-3 diphénylènesulfone. Les positions 2 et 3, 2.7 et 3.6 sont à notre connaissance les seules positions de substitution connues actuellement dans la diphénylènesulfone à laquelle nous attribuons la structure et le numérotage suivant



Les spectres ont été déterminés dans l'alcool éthylique pour des solutions M/2000, sauf pour les dérivés 3.6 de la diphénylènesulfone, corps trop peu solubles (3.6-dichloro, solution M/5000; 3.6-dibromo, solution M/8000).

La présence d'un atome de Cl ou de Br en 3, dans la molécule de sulfure de diphénylène, n'apporte pas de grosses modifications dans la région 3300-2700 Å; d'ailleurs les courbes d'absorption des chloro-3 et bromo-3 sont peu différentes. Deux atomes de Cl ou de Br en 3 et 6 font glisser la courbe d'absorption du sulfure de diphénylène d'environ 100 Å vers les grandes longueurs d'onde. Quant au sulfure de nitro-3-diphénylène, nous devons signaler un puissant effet bathochrome qui modifie profondément l'absorption ultraviolette et nous n'observons plus les bandes du sulfure de diphénylène.

Comparons les dérivés de la diphénylènesulfone. Lorsqu'on substitue un atome de Cl ou de Br en 3, les bandes d'absorption qui se trouvent nettement marquées dans la diphénylène sulfone à 3250, 2900, 2820 Å, deviennent moins nettes. Cette remarque doit s'appliquer également aux dérivés dihalogénés en 3.6. Par contre, la bande de 2430 de la diphénylène-

(1) Courtot et Chang Chao Lin, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 49, 1934, p. 1047; Courtot et Evain, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 49, 1931, p. 1557.

sulfone se retrouve toujours très intense, mais à 2480 Å pour le chloro-3, à 2520 pour le bromo-3, à 2500 pour le dichloro-3.6 et à 2550 pour le dibromo-3.6.

Au contraire, les courbes d'absorption des chloro-2, dichloro-2.7 et dibromo-2.7 ont la même allure que celle de la diphénylènesulfone, les bandes d'absorption sont nettes mais décalées ver le rouge d'environ 50 à 100 Å et les valeurs correspondantes du coefficient d'extinction moléculaire Σ sont augmentées. Comme nous le faisaient prévoir les colorations des diamino-2.7 et 3.6-diphénylènesulfone, les dérivés 2.7 sont plus *colorés* que les dérivés 3.6. Pour préciser, donnons quelques valeurs du logarithme de Σ :

λ	3320.	3160.	3000.	2720.
Diphénylènesulfone	2,7	3,2	3,0	3,7
Dibromo-2.7-diphénylènesulfone	3,6	3,5	4,6	4,0
Dibromo-3.6-diphénylènesulfone	–	3,0	3,5	3,5

Dans chaque série, le Br se montre plus bathochrome que le Cl.

Cette influence très marquée de la position des substituants justifie l'emploi des spectres d'absorption pour la vérification de l'identité des halogénodiphénylènesulfones obtenues par les deux voies suivantes :

1° cyclisation du bromo-5 ou du chloro-5-diphénylènesulfochlorure-2;

2° oxydation des halogénodiphénylènesulfures.

L'identité de ces produits a permis de fixer les positions de substitutions dans les dérivés mono et bisubstitués du sulfure de diphénylène.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction des arséniates alcalino-terreux par le charbon. Arséniates tristrontique et tricalcique.* Note de M. **Henri Guérin**, transmise par M. Georges Urbain.

Nous avons étendu aux orthoarséniates de strontium et de calcium les recherches précédemment effectuées sur la réduction de l'arséniate tribarytique par le charbon ([1]), en utilisant le même mode opératoire, c'est-à-dire en chauffant dans le vide et pendant des temps variables, à des températures comprises entre 500° et 1200°, des mélanges d'arséniates et

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 129.

de charbon de sucre renfermant pour 1 partie de charbon 5,5 parties d'arséniate tristrontique ou 4 parties d'arséniate tricalcique.

Les résultats obtenus sont donnés ci-après :

Température.	Durée de la chauffe.	*Répartition centésimale de l'arsenic après expérience :* Arsenic sous forme de		
		As^2O^5.	As^2O^3.	As sublimé.
		Strontium.		
750°	8 heures	94.10	6,80	–
»	16 »	93,25	7,15	–
800	8 »	3,10	85.67	11,17
»	14 »	–	79,00	20,51
850	6 »	–	17,25	81,50
»	14 »	–	0.94	98,20
1200	10 minutes	–	–	99,52
		Calcium.		
750	8 heures	91,25	5,70	3,90
»	16 »	89,40	6,20	4,30
800	8 »	68,00	24,20	10,70
»	16 »	7,50	77	14,60
850	8 »	–	74,20	24,95
1200	10 minutes	–	–	99,30

La réduction des arséniates tristrontique et tricalcique ne se manifeste donc vraiment qu'à partir de 800°. Elle donne d'abord des arsénites qui fournissent ultérieurement de l'arsenic métalloïdique et de la strontiane ou de la chaux. A 800°, cette seconde réaction ne s'effectue que très lentement, mais, dès 850°, elle conduit rapidement à la transformation complète des arséniates en oxydes.

Jusqu'à 1200°, nous avons constaté un processus réactionnel analogue, et l'absence d'arséniure parmi les produits de la réduction.

Étant donné que P. Lebeau (1) a obtenu les arséniures de strontium et de calcium par réduction au four à arc des arséniates par le charbon, nous avons poursuivi l'étude de cette réduction à des températures plus élevées, afin de fixer les températures à partir desquelles elle ne se réalise plus selon le mécanisme indiqué, mais conduit à des arséniures.

Nous avons utilisé le four à induction Ribaud, qui nous a permis de

(1) *Comptes rendus*, **128** et **129**, 1899, p. 95 et 47.

parvenir sous la pression atmosphérique aux températures voulues en un temps suffisamment court pour que les arséniates, ou les arsénites qui en résultent, ne soient pas encore complètement décomposés lorsque ces températures sont atteintes.

Le mélange arséniate-charbon aggloméré en cylindres aplatis d'une vingtaine de grammes est introduit dans un creuset de graphite fermé par un couvercle et placé lui-même au centre du four. La température est donnée à chaque instant par un pyromètre optique de Ribaud.

Le tableau ci-après comprend les résultats de ces essais.

Température.	Aspect du produit.	Composition C.	OSr.	As^2Sr^3.	C^2Sr.
	Strontium.				
1400°........	fritté gris noir	13,10	87,70	–	–
1450........	»	11,52	89,10	–	–
1500........	»	14,50	84,10	2,20	–
1550........	fondu noir à cassures brun rouge	7,20	54,35	13,80	26,20
	Calcium.	C.	OCa.	As^2Ca^3.	C^2Ca
1500°........	fritté noir	20,38	78,98	–	–
1550........	»	18,50	83,01	–	–
1600........	»	17,80	72,02	10,08	–
1700........	»	14,80	75,20	10,50	–
1800........	fondu noir à cassures brun rouge	6,10	39,20	12,30	41,60

Cette série d'expériences, dans lesquelles les températures envisagées ne sont jamais atteintes instantanément, mais seulement en 15 minutes au minimum dans les cas les plus favorables, ont permis de reconnaître que la formation des arséniures de strontium et de calcium s'effectue respectivement à partir de 1500 et de 1600°, c'est-à-dire à des températures inférieures à celles où le carbone réagit sur les oxydes pour donner des carbures.

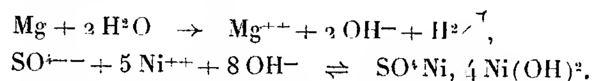
Les phénomènes observés pour la réduction de l'arséniate de baryum se reproduisent donc pour les arséniates de strontium et de calcium, mais à des températures beaucoup plus élevées.

La préparation des arséniures ne peut donc être réalisée que par un procédé permettant d'atteindre très rapidement la température de formation de ces composés, afin de réduire au minimum l'élimination de l'arsenic qui peut devenir totale lorsque le mélange d'arséniate et de charbon est chauffé lentement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation de sulfate basique et précipitation de nickel en solution par le magnésium.* Note de M. **Guy Gire**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré (¹) qu'à la température ordinaire le magnésium se dissout dans les solutions de sulfate de nickel en donnant de l'hydrogène et un sulfate basique insoluble de formule $SO^4Ni, 4NiO, nH^2O$. La formation de ce sel est très lente à froid, mais, si le magnésium étant dissous, on porte la solution à l'ébullition il se dépose alors rapidement et totalement.

Nous nous sommes demandé si, de même que pour les solutions de chlorure de nickel (²), il ne s'établissait pas un équilibre entre les ions OH provenant de la décomposition de l'eau par le magnésium et les ions sulfuriques et nickel en solution :



$$Mg + 2H^2O \rightarrow Mg^{++} + 2OH^- + H^2 \nearrow,$$
$$SO^{4--} + 5Ni^{++} + 8OH^- \rightleftharpoons SO^4Ni, 4Ni(OH)^2.$$

Le sulfate basique, bien que très peu soluble dans l'eau, l'est suffisamment pour justifier cette hypothèse que nous avons pu vérifier.

Le tableau suivant donne, pour des concentrations en sulfate de nickel, M/2 et M/4, la quantité de nickel déposé sous forme de sulfate basique pour des temps croissants. Dans tous les cas la quantité de magnésium dissous était de 1 Mg pour 6 Ni en solution.

On voit nettement que la proportion de nickel déposé sous forme de sulfate basique tend vers une limite qui croît avec la dilution de la solution de sulfate et avec la température. Cette limite est atteinte d'autant plus vite que la température est plus élevée.

	Ni déposé sous forme de sulfate basique en pour 100 du Ni correspondant à Mg dissous.		
	Solution M/2.	Solution M/4.	
Temps en jours.	25°.	25°.	53°.
1	26,9	29,0	–
5	–	52,0	84,2
10	30,7	63,8	–
17	34,1	63,9	–
37	43,7	64,6	–

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1646.
(²) G. Gire et A. Motais de Narbonne, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 2250.

Dans cette réaction se forme-t-il temporairement des molécules d'hydrate de nickel? Si par dissolution de magnésie dans le sulfate de nickel on précipite bien le sulfate basique SO^4Ni, $4NiO$, nH^2O [1], par contre l'hydrate de nickel $Ni(OH)^2$ ne se dissout pas dans les solutions de sulfate.

Nous avons pendant plusieurs jours tenu en suspension un excès d'hydrate de nickel, fraîchement préparé et exempt d'alcali, dans des solutions diversement concentrées de sulfate de nickel (M/2 à M/8), sans voir varier la concentration du nickel dans ces solutions ni pouvoir déceler dans la partie solide de traces de sel basique.

Une étude plus précise de la cinétique de cette réaction secondaire pourra nous éclairer sur les étapes de la formation du sel basique.

A partir de 50°, la dissolution du magnésium est accompagnée d'un dégagement d'hydrogène nettement inférieur à celui exigé par le magnésium dissous, et le dépôt formé est noirâtre. Nous avons pensé que ce déficit d'hydrogène devait correspondre, comme dans le cas du sulfate de cobalt [1], à la précipitation directe de nickel à l'état métallique. Si l'on sépare par décantation la partie la plus lourde du dépôt obtenu on constate qu'elle est en effet constituée par du nickel pur.

Comme, dans chaque cas, le sulfate basique formé est toujours SO^4Ni, $4NiO$, nH^2O nous avons pu, en dosant à la fois le nickel total et l'anhydride sulfurique du mélange déposé, en déduire par différence le nickel déplacé à l'état métallique. Ce déplacement direct du nickel est immédiat et, pour obtenir la totalité du métal ainsi déposé, il suffit d'analyser le dépôt formé quand tout le magnésium est dissous. Ce premier dépôt enlevé, la solution continue alors à déposer le sulfate basique.

Le tableau ci-dessous donne la proportion de nickel déposé à l'état libre pour des solutions de sulfates de concentration M/2, M/4 et M/8 et à des températures croissantes. (Le rapport entre le magnésium dissous et la quantité de nickel en solution était toujours de 1 Mg pour 6 Ni).

	Ni déposé à l'état libre pour 100 du nickel correspondant au Mg dissous.		
Température.	Sol. M/2.	Sol. M/4.	Sol. M/8.
37°	1,0	–	–
53	3,8	12,7	10,0
70	11,1	15,9	16,8
100	49,2	–	60,3

(1) G. Gire, *Bull. Soc. chim.*, 1, 1934, p. 1241 et 1245.

Malgré l'imprécision des analyses (résultats par différence) on voit que dès la température ordinaire, pour certaines concentrations, il doit y avoir une très petite quantité de nickel précipité à l'état métallique. L'action du magnésium sur une solution de sulfate de nickel est donc double : 1° décomposition de l'eau avec formation secondaire lente et équilibrée de sulfate basique; 2° déplacement direct du nickel sous forme métallique. Cette dernière action très faible avant 30° devient de plus en plus grande avec la température; elle s'accroît également du fait de la dilution.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La réaction du chlorure de thionyle sur l'acide phénylglycolique*. Note de MM. **Pierre Carré** et **David Libermann**, transmise par M. Georges Urbain.

H. Meyer (1), en traitant l'acide phénylglycolique par un excès de chlorure de thionyle, à l'ébullition, a obtenu de l'aldéhyde benzoïque. Il admet qu'il se forme d'abord le chlorosulfite du chlorure d'acide phénylglycolique, lequel se décomposerait ensuite selon la réaction



$$C^6H^5-CH(OSOCl)-COCl = C^6H^5-CHO + SOCl^2 + CO.$$

Mc Kenzie et Barrow (2), en chauffant l'acide phénylglycolique avec le chlorure de thionyle jusqu'à cessation de dégagement gazeux, ont obtenu, après avoir repris par l'eau les produits de la réaction, environ trois quarts de chlorure de benzylidène et un quart d'acide phénylchloracétique. Ils admettent également la formation préalable du chlorosulfite du chlorure d'acide phénylglycolique, lequel se décomposerait ensuite selon les deux réactions suivantes :



$$C^6H^5-CH(OSOCl)-COCl = C^6H^5-CHCl-COCl + SO^2,$$
$$C^6H^5-CH(OSOCl)-COCl = C^6H^5-CHCl^2 + SO^2 + CO.$$

Ces interprétations sont très peu vraisemblables. En effet, nous avons montré (3) que la réaction du chlorure de thionyle sur les phénylcarbinols donne lieu de préférence à une réaction de chloruration directe (remplacement de OH par Cl). De plus, la décomposition du chlorosulfite devrait

(1) *Monatshefte für Chemie*, **22**, 1902, p. 415.

(2) *J. Chem. Soc.*, **99**, 1911, p. 1910.

(3) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 274; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **53**, 1933, 1058.

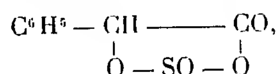
donner uniquement du chlorure de l'acide phénylchloracétique, puisque celui-ci est stable et distille sans décomposition à 124-126° sous 45mm.

Nous avons essayé d'expliquer ces contradictions et nous sommes arrivés aux conclusions suivantes :

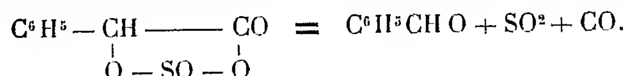
L'acide phénylchloracétique trouvé par Mc Kenzie et Barrow est un des produits normaux de la réaction du chlorure de thionyle sur l'acide phénylglycolique; il se forme par chloruration directe du groupement alcool, de manière analogue à celle observée par nous (*loc. cit.*) dans le cas de l'alcool benzylique et d'autres alcoylphénylcarbinols.

Quant à la formation de l'aldéhyde benzoïque et du chlorure de benzylidène elle doit être ainsi expliquée.

Une partie de l'acide phénylglycolique réagit avec le chlorure de thionyle pour former un anhydrosulfite



analogue à celui obtenu par Blaise et Montagne [1] dans le cas de la réaction du chlorure de thionyle sur l'acide lactique. Cet anhydrosulfite se décompose, vers 29°-30°, avec formation d'aldéhyde benzoïque, suivant :



L'aldéhyde benzoïque se transformant ensuite facilement en chlorure de benzylidène par l'action du chlorure de thionyle, ainsi qu'il a été montré par Lott et Michaelis [2].

La présence de l'anhydrosulfite dans le produit de la réaction est démontrée par les faits suivants :

On laisse en contact, pendant 48 heures à la température ordinaire, 1mol d'acide phénylglycolique avec 1mol,2 de chlorure de thionyle, dissous dans 10 fois le poids d'éther anhydre; la réaction terminée, on chasse l'éther, puis l'excès de chlorure de thionyle dans le vide, à la température ordinaire. On obtient ainsi une substance huileuse qui, traitée par l'alcool absolu, dégage du gaz sulfureux et fournit du phénylglycolate d'éthyle, lequel a été caractérisé par sa phényluréthane fusible à 240°; une telle réaction ne peut se produire qu'aux dépens de l'anhydrosulfite. La température de décomposition de cet anhydrosulfite, déterminée d'une manière analogue à celle

---

(1) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1553.

(2) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 27, 1894, p. 2540.

indiquée par l'un de nous [1] pour la détermination des températures de décomposition des chlorosulfites a été trouvée de 29 à 30°. Après décomposition de l'anhydrosulfite on peut retirer du mélange une quantité notable d'aldéhyde benzoïque, tandis que si l'on a effectué la réaction du chlorure de thionyle sur l'acide phénylglycolique dans les conditions indiquées par MM. Kenzie et Barrow, on ne trouve plus sensiblement d'aldéhyde benzoïque, mais du chlorure de benzylidène. La proportion d'anhydrosulfite dans le mélange ci-dessus, déterminée par le dosage du sulfite formé dans l'hydrolyse alcaline, est d'environ 1/3.

Meyer [2] ayant aussi fait réagir le chlorure de thionyle sur l'acide diphénylglycolique $(C^6H^5)^2C(OH)—CO^2H$, a constaté la production de benzophénone, qu'il explique par la formation intermédiaire du chlorosulfite du chlorure d'acide diphénylglycolique $(C^6H^5)^2C(OSOCl)—COCl$. Cette interprétation est également tout à fait invraisemblable, car en aucun cas les chlorosulfites d'alcool tertiaire n'ont pu être obtenus par l'action directe du chlorure de thionyle sur un alcool tertiaire. La benzophénone prend très probablement naissance par un mécanisme analogue à celui indiqué ci-dessus pour l'aldéhyde benzoïque.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation hydrobenzoïnique du phényléthénylglycol; formation d'aldéhyde α-phénylcrotonique.* Note de MM. **M. Tiffeneau** et **P. Weill**, présentée par M. Auguste Béhal.

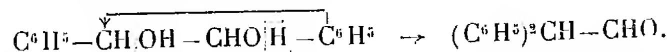
On sait que la déshydratation des α-glycols peut s'effectuer dans des sens différents, non seulement suivant la structure de ces glycols et la nature de leurs radicaux substituants, mais aussi suivant les conditions opératoires et le réactif employé.

Cette déshydratation, qui comporte parfois l'élimination des deux hydroxyles avec formation de carbures diéthyléniques, s'effectue le plus souvent aux dépens d'un seul hydroxyle, tantôt avec formation d'époxydes ou même d'alcools éthyléniques, tantôt, ce qui est le cas le plus fréquent, avec formation d'aldéhydes ou de cétones appartenant souvent à un type transposé; dans tous les cas, deux problèmes importants se posent, à savoir, d'une part, quel est celui des deux hydroxyles qui s'élimine et quelle est la cause de cette élimination privilégiée; d'autre part, quel est l'hydrogène qui s'unit à cet hydroxyle pour former de l'eau, et pourquoi cet hydrogène plutôt que les divers autres placés au voisinage de l'hydroxyle éliminé.

---

(1) P. Carré, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1835.
(2) *Monatshefte für Chemie*, 22, 1901, p. 777.

Le cas de la désydratation de l'hydrobenzoïne est à cet égard l'un des plus simples, car les deux hydroxyles sont identiques et l'hydrogène qui s'élimine avec un OH pour former de l'eau provient de l'autre hydroxyle

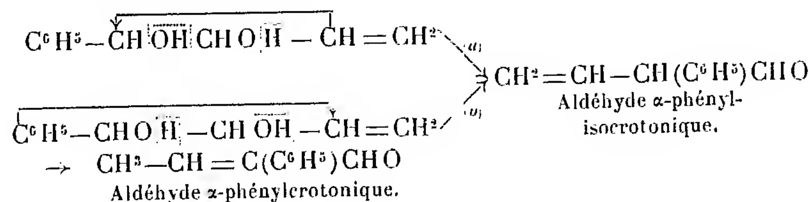


Si l'on a affaire à un α-glycol bisecondaire arylé et alcoylé c'est encore l'hydroxyle voisin de l'aryle qui s'élimine, mais l'hydrogène éliminé simultanément est l'hydrogène non hydroxylique appartenant à la fonction alcool voisine (déshydratation vinylique)



La nature des radicaux substituants joue un rôle capital dans le processus de ces déshydratations et la seule présence d'un radical aliphatique ([1]) suffit pour orienter la déshydratation exclusivement vers le type vinylique.

Nous avons entrepris l'étude de la déshydratation du phényléthénylglycol et constaté que celle-ci a lieu exclusivement suivant le type hydrobenzoïnique, mais avec obtention d'aldéhyde α-phénylcrotonique résultant vraisemblablement d'une isomérisation secondaire de l'aldéhyde α-phénylisocrotonique intermédiairement formé (isomérisation allylique → propénylique)



Cette transposition hydrobenzoïnique du phényléthénylglycol peut s'effectuer suivant les deux mécanismes *a* et *b* ci-dessus comportant l'un (*a*) l'élimination de l'OH de gauche et la migration du radical éthényle ([2]), l'autre (*b*) élimination de l'OH de droite et la migration du phényle. Dans le premier cas la capacité affinitaire du phényle l'emporterait sur celle de l'éthényle alors que ce serait l'inverse dans le second cas; de plus, dans ce dernier cas, la présence de l'éthényle aurait la même influence qu'un phényle, à savoir qu'elle rendrait l'hydrogène hydroxylique du CHOH

([1]) Dans le cas de quelques hydrobenzoïnes $C^6H^5-CHOH-CHOH-Ar$ dans lesquelles Ar est un anisyle ou un pipéronyle, la déshydratation hydrobenzoïnique reste la règle, mais il y a accessoirement désydratation vinylique. (Tiffeneau et Orekhoff, *Bull. Soc. chim.*, 37, 1925, p. 1410; Tiffeneau et Jeanne Lévy, *id.*, 49, 1931, p. 1738).

([2]) Il n'est pas possible dans ce cas de préjuger si l'isomérisation allylique propénylique se produit au cours de la migration de l'éthényle ou immédiatement après.

voisin plus labile que l'hydrogène non hydroxylique. Il n'est nullement impossible que les deux mécanismes puissent se produire simultanément dans le cas où les capacités affinitaires de deux radicaux seraient voisines. Les recherches en cours nous renseigneront sur ce point; l'étude de la déshydratation acide du divinylglycol que nous avons entreprise nous montrera si le radical éthényle est susceptible, au même titre que le phényle, comme lui attracteur d'électrons, de provoquer la déshydratation suivant le type hydrobenzoïnique (1).

Phényléthénylglycol. — Ce glycol a été préparé par condensation d'acroléine et de benzaldéhyde par le couple zinc-cuivre en milieu hydroalcoolique. Ce glycol (Éb. 164° sous 15mm) est accompagné en proportions variables, suivant les opérations, de divinylglycol et d'hydrobenzoïne. Purifié par distillation, il se prend en masse et, après cristallisation dans le mélange benzène-éther de pétrole, il fond à 43°. La déshydratation du phényléthénylglycol a été effectuée par ébullition de 5 minutes, soit avec l'acide formique pur, soit avec l'acide sulfurique à 50 pour 100. Dans les deux cas on sépare par distillation un aldéhyde bouillant à 117° sous 15mm et, dans le second cas seulement, un composé non saturé (Éb. 208° sous 15mm) qui est vraisemblablement l'oxyde diéthylénique correspondant $C^{20}H^{20}O^{2}$; $n_D^{18} = 1,5685$; $d_0^{18} = 1,0865$; R. M. calculée pour $C^{20}H^{20}O^{2}$: 88,0; R. M. trouvée : 87,99. Ce composé isomérisé par chauffage avec l'acide sulfurique à 50 pour 100, se convertit en l'aldéhyde ci-dessus.

Aldéhyde α-phénylcrotonique. — L'aldéhyde obtenu ci-dessus fixe le brome et possède les constantes suivantes : Éb. 117° sous 15mm; $n_D^{18} = 1,5605$; $d_{18}^{0} = 1,045$; R. M. calculée pour $C^{10}H^{10}O$ 44,63; R. M. trouvée 46,26. Semicarbazone F. 201°. Oxime F. 116°. L'oxydation argentique par la méthode de Delépine-Bonnet fournit 70 pour 100 d'un acide qui, après recristallisation dans la ligroïne, fond à 135°. (Dosage par la baryte P. M. 162,2; P. M. calculé pour $C^{10}H^{10}O^{2}$ 162.) Cet acide a été identifié par comparaison directe avec l'acide α-phénylcrotonique préparé synthétiquement (2) en condensant le phénylacétate de Na avec la paraldéhyde en présence d'anhydride acétique.

Conclusion. — Le phényléthénylglycol, obtenu par condensation de benzaldéhyde et d'acroléine, fournit par déshydratation acide, effectuée à chaud, l'aldéhyde α-phénylcrotonique. Il y a vraisemblablement formation intermédiaire d'aldéhyde α-phénylisocrotonique résultant d'une transposition hydrobenzoïnique comportant la migration d'un éthényle ou d'un phényle.

---

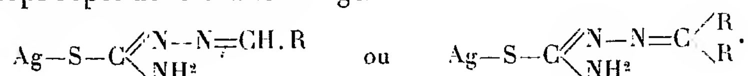
(1) Il se pourrait que la déshydratation catalytique du divinylglycol en aldéhyde cyclopenténylformique signalée par Urion (*Ann. Chimie*, 11e série, 1, 1934, p. 5) ne s'effectue pas suivant le mécanisme invoqué par cet auteur, mais par transposition hydrobenzoïnique avec formation de divinylacétaldéhyde qui se cycliserait et s'isomériserait ultérieurement. Le produit que nous avons obtenu dans la déshydratation formique du divinylglycol fournit une semi-carbazone, F. 170°, différente de la semi-carbazone de l'aldéhyde d'Urion.

(2) Oglialoro, *Gaz. chim. ital.*, **15**, 1885, p. 517; Rupe et Busolt, *Lieb. Ann.*, **369**, 1909, p. 332.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques combinaisons argentiques de la thiosemicarbazide et des thiosemicarbazones.* Note de M. **Victor Harlay**, présentée par M. Auguste Béhal.

Les thiosemicarbazones fournissent avec les sels des métaux lourds, argent, cuivre, mercure, des combinaisons métalliques, qui ont été signalées par Neuberg et Niemann en 1902 (¹). Les combinaisons argentiques en particulier ont permis à ces auteurs d'isoler certaines aldéhydes et cétones de mélanges complexes.

Ces corps répondent à la forme générale



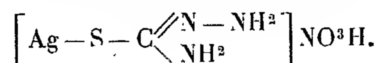
Tels qu'ils ont décrits, ils se présentent comme amorphes, d'aspect caséeux et en général altérables à la lumière.

En reprenant l'étude de ces combinaisons, nous avons remarqué que les sels d'argent sont susceptibles de donner, avec la thiosemicarbazide et les thiosemicarbazones, des composés cristallisés, parfaitement définis, non altérables à la lumière diffuse après dessiccation.

Nous avons successivement étudié à ce point de vue la thiosemicarbazide, la thiosemicarbazone de l'acétone et la thiosemicarbazone de l'aldéhyde benzoïque.

A. La thiosemicarbazide donne deux combinaisons :

1° Une combinaison équimoléculaire répondant à la formule suivante, établie par les dosages de l'acide nitrique et de l'argent,



On peut à partir de ce corps obtenir au moyen du chlorure de sodium, le chlorhydrate correspondant, moins soluble dans l'eau, et cristallisant de sa solution aqueuse et chaude, par refroidissement, en fines aiguilles longues et soyeuses.

2° Une combinaison résultant de l'association de deux molécules de nitrate d'argent, à trois molécules de thiosemicarbazide.

(¹) *Berichte*, 35, 1902, p. 2049.

L'une et l'autre sont insolubles en milieu nitrique dilué. La première a pu être utilisée dans ces conditions pour le dosage de la thiosemicarbazide.

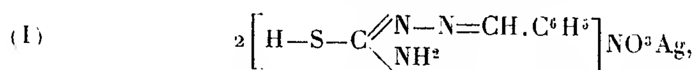
B. La thiosemicarbazone de l'acétone, en solution alcoolique, traitée par le nitrate d'argent en excès, fournit un complexe argentique, amorphe, altérable à la lumière et répondant à la formule générale des complexes signalés par Neuberg et Niemann.

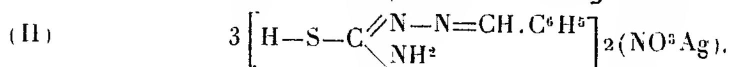
Mais en outre on peut obtenir deux combinaisons cristallisées stables résultant :

a, l'une de l'union de 1mol de nitrate d'argent à 2mol de thiosemicarbazone;

b, l'autre de 2mol de nitrate d'argent à 3mol de thiosemicarbazone.

C. La thiosemicarbazone de l'aldéhyde benzoïque est susceptible de donner dans des conditions déterminées des combinaisons analogues aux précédentes et répondant aux deux formules suivantes :

(I) 

(II) 

Mais de plus on obtient aisément un corps bien cristallisé, très stable provenant de l'union des deux combinaisons (I) et (II).

Ce dernier peut se former aux dépens de la combinaison n° (I), lorsque l'on abandonne celle-ci au contact des eaux mères où elle a pris naissance.

Les déterminations quantitatives de l'argent, de l'acide nitrique et de la thiosemicarbazide ont été effectuées à l'aide des méthodes suivantes :

a. Dosage volumétrique de l'argent au moyen d'une solution titrée de sulfocyanure d'ammonium;

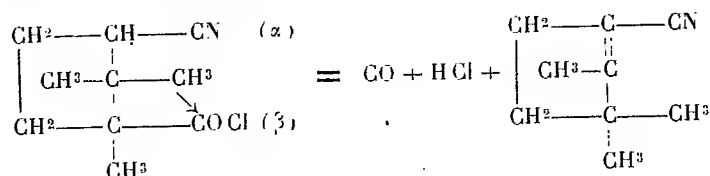
b. Dosage de l'acide nitrique : méthode comparative et gazométrique de Schloesing;

c. Dosage de la thiosemicarbazide par précipitation par une quantité connue de nitrate d'argent, et évaluation de l'excès de ce dernier, par une solution titrée de sulfocyanure.

Une étude plus détaillée de ces diverses combinaisons sera publiée prochainement dans un autre Recueil.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions du chlorure de l'α-mononitrile de l'acide camphorique*. Note de M. **François Salmon-Legagneur**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le chlorure de l'α-mononitrile de l'acide camphorique peut réagir avec $AlCl^3$ au sein d'un solvant inerte tel que le chloroforme; dans ce cas, la réaction s'effectue avec élimination de CO et HCl et s'accompagne, en outre, d'une transposition rétropinacolique; on obtient finalement le nitrile isolauronolique ou β-campholytique (cyano-3-triméthyl-1.1.2-cyclopentène-2; éb. = 86-88° sous 11^{mm}) :



J'ai pu identifier ce dernier par son hydrolyse en amide isolauronolique (F. = 129-130°) et, par comparaison, à un échantillon préparé par Blanc [1]. Cette constatation amène à penser qu'une pareille transposition peut s'accomplir également quand on effectue la même réaction, non plus au sein de $CHCl^3$, mais en présence de benzène; celle-ci conduit, comme je l'ai précédemment indiqué [2], au nitrile de l'acide phényldihydroisolauronolique de Bürcker et Blanc [3], dont la constitution n'est pas encore élucidée; on peut donc légitimement envisager l'hypothèse suivant laquelle ce dernier acide répondrait davantage à la structure d'un dérivé phénylé du carboxy-3-triméthyl-1.1.2-cyclopentane [4] plutôt qu'à celle du phényl-1-carboxy-3-triméthyl-1.2.2-cyclopentane [5].

Le chlorure de l'α-mononitrile camphorique réagit, par contre, normalement, sans transposition, avec plusieurs agents de synthèses. Ainsi, avec

(1) *Comptes rendus*, **123**, 1896, p. 752; **124**, 1897, p. 1363; *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, **18**, 1899, p. 231.

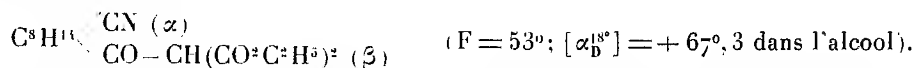
(2) *Ann. de Chimie*, 10e série, 8, 1927, p. 32.

(3) Bürcker, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **13**, 1895, p. 901; Blanc, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, **21**, 1899, p. 838.

(4) Le radical phénylé pourrait, dans ce cas, être en position 2 ou 3.

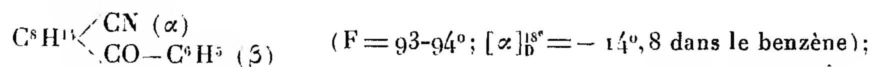
(5) Eijkmann, *Chem. Zentr.*, II, 1907, p. 2046.

le malonate d'éthyle sodé, il conduit, en milieu benzénique, au nitrile-diéther correspondant :



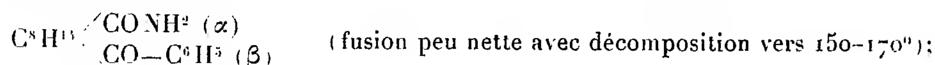
$$C^8H^{14}\begin{cases}CN\ (\alpha)\\ CO-CH(CO^2C^2H^5)^2\ (\beta)\end{cases}$$ (F = 53°; $[\alpha]_D^{18°}$ = + 67°,3 dans l'alcool).

Condensé de même avec le dérivé zincique de C^6H^5Br (1), il donne, avec de bons rendements, le nitrile cétonique :



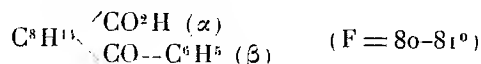
$$C^8H^{14}\begin{cases}CN\ (\alpha)\\ CO-C^6H^5\ (\beta)\end{cases}$$ (F = 93-94°; $[\alpha]_D^{18°}$ = − 14°,8 dans le benzène);

ce dérivé se laisse aisément hydrolyser en l'amide cétonique :



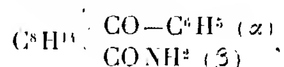
$$C^8H^{14}\begin{cases}CONH^2\ (\alpha)\\ CO-C^6H^5\ (\beta)\end{cases}$$ (fusion peu nette avec décomposition vers 150-170°);

mais la saponification de cette dernière en l'acide :



$$C^8H^{14}\begin{cases}CO^2H\ (\alpha)\\ CO-C^6H^5\ (\beta)\end{cases}$$ (F = 80-81°)

est beaucoup plus laborieuse, surtout si on la compare à la facilité avec laquelle l'amide cétonique isomère :



$$C^8H^{14}\begin{cases}CO-C^6H^5\ (\alpha)\\ CONH^2\ (\beta)\end{cases},$$

dont la fonction amide est pourtant rattachée à un carbone tertiaire, se laisse transformer en acide correspondant (2). On peut remarquer, d'autre part, qu'aucun des trois dérivés cétoniques ainsi isolés (nitrile, amide et acide) ne semble réagir, ni avec l'hydroxylamine, ni avec la semicarbazide.

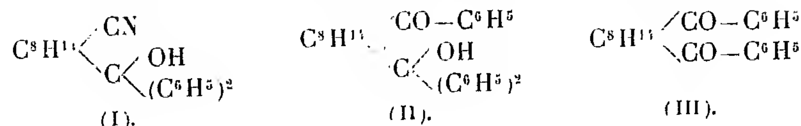
J'ai également condensé le chlorure de l'α-mononitrile camphorique avec le bromure de phénylmagnésium; en opérant avec un très large excès de ce dernier, on isole comme produits principaux le nitrile-alcool tertiaire (I) (F = 161-162°, $[\alpha]_D^{18°}$ = − 44°,2 dans l'alcool) (3) et la cétone alcool tertiaire (II) (F = 141-142°); dans cette réaction je n'ai pu déceler la forma-

(1) Préparé par action de $ZnCl^2$ sur C^6H^5MgBr suivant la technique de Blaise (*Bull. Soc. chim.*, 4e série, 9, 1911, Conférences, p. XII).

(2) F. Salmon-Legagneur, *loc. cit.*, p. 27.

(3) On peut également obtenir ce même dérivé en condensant 1mol,25 de C^6H^5MgBr avec 1mol du nitrile cétonique $C^8H^{14}\begin{cases}CN\\ COC^6H^5\end{cases}$, isolé plus haut.

tion que d'une minime quantité de la dicétone (III) (F = 118°) :



Ce résultat est tout à fait normal mais il diffère de celui obtenu lors de la condensation de C^6H^5MgBr avec les éthers de l'α-mononitrile camphorique dans les mêmes conditions opératoires. Dans ce dernier cas, comme je l'ai montré ([1]), l'attaque de la fonction éther-sel ne va pas au delà de la transformation en fonction cétonique et le groupe nitrile est attaqué conjointement, si ce n'est en premier lieu; il se fait, en outre, une migration de l'atome d'azote de la position α à la position β. Dans le cas présent, au contraire, le groupe chlorure d'acide est transformé d'emblée, et pour la majeure partie, en alcool tertiaire; l'attaque de la fonction nitrile ne se fait qu'ultérieurement.

En résumé, on voit que, exception faite de son action sur le chlorure d'aluminium qui se produit avec transposition et départ d'oxyde de carbone, le chlorure de l'α-mononitrile camphorique réagit normalement avec les autres agents de synthèses tels que dérivés maloniques, organozinciques et organomagnésiens aromatiques.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Caractéristiques fréquence-température de plaques de quartz oscillant à coefficient de température nul.* Note ([2]) de MM. **Issac Koga** et **Mitsuo Shoyama**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons montré ([3]) que, pour une lame de quartz mince dont les faces principales sont parallèles à l'axe électrique x (*fig.* 1), les vibrations dites d'épaisseur, utilisées pour la stabilisation des oscillateurs, sont de pures vibrations de cisaillement. L'étude expérimentale de la rela-

---

(1) *Loc. cit.*, p. 19; *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 790.

(2) Séance du 25 mars 1935.

(3) I. Koga, *Supplementary Issue of J. I. E. E.*, Japan, avril 1932; *J. I. E. E. Japan*, 52, n° 8, 1932, p. 633, etc.

tion entre la colatitude θ des surfaces principales et le coefficient de variation de fréquence avec la température a fait voir que, pour $\theta = 55°$ et 138° environ, le coefficient de température est nul [1].

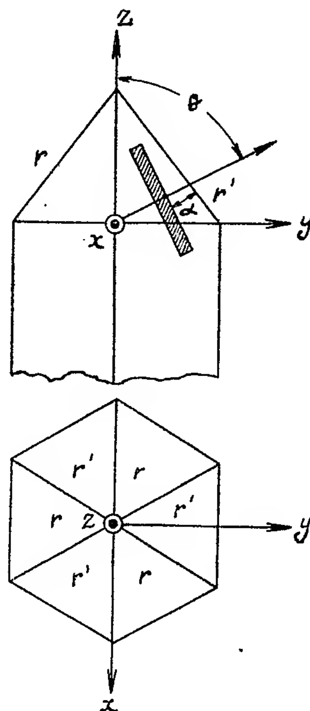


Fig. 1.

Des expériences récentes nous ont montré que, contrairement à une affirmation précédente (*loc. cit.*), la fréquence ne varie pas linéairement en fonction de la température, mais suit une loi beaucoup plus compliquée comme l'indiquent la figure 2 et le Tableau I. Les plaques essayées étaient toutes rectangulaires et leurs surfaces principales étaient rendues parallèles à l'axe électrique à une demi-minute près au moyen d'un spectromètre à rayons X.

---

(1) I. Koga and N. Takagi, *J. I. E. E. Japan*, 54, n° 10, 1933, p. 940.

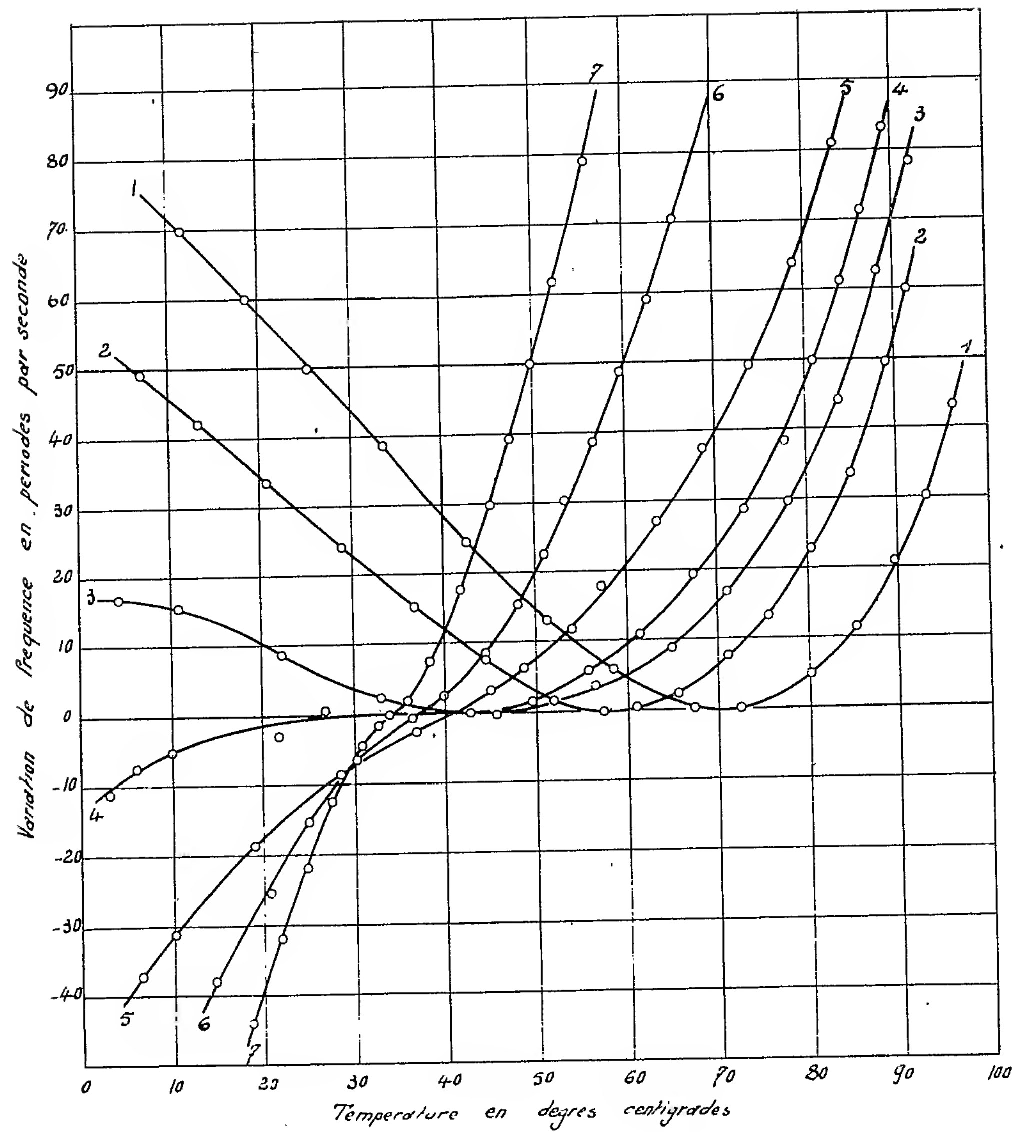

Variation de fréquence en périodes par seconde
Température en degrés centigrades

Fig. 2.

TABLEAU I.

	α	ϑ	Dimensions (mm).	Fréquence (Kc/s).
1................	2°51′	54°38′	0,62 × 21,3 × 27,0	2692,4
2................	2.54,5	54.41,5	0,62 × 23,2 × 28,5	2689,8
3................	2.56	54.43	0,62 × 21,1 × 27,0	2691,0
4................	2.58	54.45	0,62 × 22,1 × 27,0	2692,7
5................	3. 2,5	54.49,5	0,62 × 22,0 × 27,0	2691,4
6................	3. 7,5	54.54,5	0,62 × 22,1 × 27,1	2692,1
7................	3.16	55. 3	0,62 × 22,0 × 27,0	2687,7

α = angle mesuré au moyen du spectromètre à rayons X,

$\vartheta = \alpha + 90° - 38° 13'$.

Les petits côtés des surfaces principales sont parallèles à l'axe électrique.

PÉDOLOGIE. — *Sur l'histoire des sols des terrasses rhénanes à couverture de lœss en Haute-Alsace*. Note de M. **J. Franc de Ferrière**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La *Haute-Terrasse* du Rhin est bien visible dans la carrière supérieure de Sierentz située à flanc de coteau au sud-ouest de la briqueterie; la partie supérieure des cailloutis, une dizaine de mètres au-dessus du niveau de la Basse-Terrasse, présente une décalcification portant sur plusieurs mètres, avec rubéfaction très nette des alluvions, mais sans podsolisation. C'est un sol à faciès méditerranéen, formé sous un climat relativement chaud et humide. Il est recouvert d'un *premier lœss* éolien calcaire, indiquant le passage à un climat continental et froid : sol typique de steppe désertique froide. Ce premier lœss est surmonté d'un épais manteau de lehm décalcifié présentant les caractères d'un sol podsolique bien développé avec : horizon A éluvial gris clair, décalcifié et podsolisé, enrichi en sable fin, à structure schisteuse de sol battant; horizon B_1 de lehm argileux brun, puis rougeâtre, éluvial pour le calcaire, mais illuvial pour les sesquioxydes et l'argile, horizon C de lœss éolien calcaire contenant de très grandes poupées calcaires qui forment un second horizon illuvial B_2. Au-dessus de ce lehm, un *second lœss* éolien apparaît, jaune clair, calcaire, parfois sableux. Il est séparé du *troisième lœss* ou *lœss supérieur*, de teinte plus blanchâtre, par une surface irrégulière, avec traces d'érosion, présentant de petites poupées en partie brisées; c'est le reste d'un ancien sol, constitué dans l'intervalle du dépôt éolien des deux lœss supérieurs.

Ce sol intermédiaire est très bien conservé dans la carrière de lœss située au sud du village d'Eguisheim, au pied des Vosges. Là, le lœss supérieur blanchâtre est séparé du lœss sableux, par un beau sol fossile présentant les caractères d'un *tchernoziom* ou sol de steppe herbeuse classique; ce sol présente en particulier des infiltrations de pseudomycélium calcaire et les terriers fossiles de Rongeurs, connus en Russie sous le nom de *Krotovines*.

Le lœss éolien supérieur qui couvre les coteaux du Sundgau au Sud de Mulhouse descend sur les pentes jusqu'au niveau actuel de l'Ill. Par contre il ne se trouve dans la vallée du Rhin, sur le niveau supérieur de la *Basse-Terrasse*, que sous la forme de *lœss fluviatile*. Ce dernier est visible au fond de la carrière inférieure de la briqueterie de Sierentz : c'est un lœss calcaire finement stratifié présentant à l'analyse physique une composition analogue à celle du lœss éolien des coteaux voisins. Il est recouvert par un lehm brun entièrement décalcifié offrant les caractères d'un sol éluvial constitué à ses dépens. Le calcaire déplacé du lehm s'est concrété en un niveau illuvial de poupées situées dans le lœss calcaire inférieur à une trentaine de centimètres au-dessous de la limite des deux formations. Ce sol fossile éluvial qui s'est formé sous un climat assez humide, lors de l'abandon définitif par le fleuve du niveau supérieur de la Basse-Terrasse, est aujourd'hui enterré sous la masse des éboulis descendus des coteaux voisins et formés par du lœss de remaniement.

L'*histoire pédologique* de ces formation depuis le début du Monastirien, c'est-à-dire depuis l'Interglaciaire Riss-Würm, est donc la suivante : le sol rouge de décalcification, à faciès méditerranéen, constitué aux dépens des cailloutis de la Haute-Terrasse, correspondrait au *Monastirien vrai*, époque relativement chaude et humide. L'influence glaciaire *würmienne* amène ensuite en Alsace le climat désertique glacé caractérisé par le premier *lœss* éolien. La fonte des glaciers würmiens correspond avec la période très humide qui amène une décalcification profonde du lœss, et la formation du lehm à grandes poupées de Sierentz. C'est la grande récession, que l'on peut considérer comme une véritable récurrence monastirienne : elle correspond à la première submersion marine à Yoldia arctica. Nous avons vu que ce sol de lehm était un sol podsolique, donc de région humide et relativement froide. Mais l'influence würmienne, glaciaire et continentale, reparaît amenant la formation du *second lœss;* c'est le *Néowürm* ou *Stade d'Ammersee*. Puis, nouvel adoucissement du climat, la récession d'Achen, moins forte que la précédente, fait apparaître seulement en Alsace un sol de steppe herbeuse : le tchernoziom d'Eguisheim. Cet adoucissement

correspond au dépôt de couches marines supérieures à Yoldia arctica. Une ultime offensive du climat désertique glacé amène la formation du *lœss supérieur :* c'est le *stade de Bühl.* Le Rhin à ce moment déborde encore sur le niveau supérieur de la Basse-Terrasse et y dépose le lœss fluviatile stratifié de la carrière inférieure de Sierentz. Un renouveau d'humidité se manifeste alors, auquel nous devons la formation du lehm brun de la carrière inférieure de Sierentz. C'est environ l'époque de la trangression de la mer à Zirphæa dans le domaine danois, trangression qui me paraît pouvoir être prise comme base du *Flandrien*, caractérisé dans nos contrées, au point de vue climatique, par la disparition définitive de l'influence glaciaire würmienne.

En résumé, la période géologique correspondant aux derniers lœss d'Alsace a vu se succéder les oscillations de deux influences climatiques opposées : l'*influence océanique humide*, que je qualifie de *monastirienne*, marquée par trois récurrences auxquelles correspondent : le sol rouge de la Haute-Terrasse, le grand lehm podsolisé de Sierentz, le tchernoziom d'Eguisheim, et l'*influence continentale*, celle des glaces *würmiennes,* qui amène en Alsace trois récurrences de lœss. Le Flandrien inférieur débute ensuite par un retour des conditions d'humidité qui atteindront leur maximum au Flandrien moyen, lors de la période atlantique.

GÉOLOGIE APPLIQUÉE. — *Sur l'extension du faciès hydrocarburé Toarcien dans l'est de la France*. Note de MM. **Louis** et **Henri Longchambon.**

La présence d'un faciès schisteux plus ou moins riche en hydrocarbures a été reconnue depuis longtemps dans la région des Causses et dans la bordure orientale du bassin parisien, au niveau des marnes à posidonies du Toarcien ([1]). Nous avons procédé, dans l'est de la France, du Jura jusqu'aux Ardennes, à une étude systématique de la continuité, de la puissance et de la richesse en hydrocarbures de ces formations, en tenant compte des possibilités d'exploitation. Nous avons également étudié les conditions de pyrogénation de ces schistes et les propriétés des hydrocarbures obtenus. Les résultats acquis nous permettent d'être affirmatifs

([1]) On doit à M. Fournier et à ses élèves, MM. Grosjean (*Thèse*, Besançon, 1924), Dosios (*id.*, 1924), Dobbs (*id.*, 1927), les dernières études publiées sur ces formations dans la région de Besançon.

sur les possibilités d'exploitation qu'offrent ces gisements dont nous donnons les caractéristiques principales, en allant du Sud au Nord.

Dans la région de Salins, la zone hydrocarburée est toujours de faible puissance (4 à 5^m), mais augmente du Sud au Nord, pouvant atteindre 10^m aux environs de Besançon. Le relief accusé de cette région, son style tectonique donnant des pendages souvent très élevés, s'ajoutent pour définir une région à affleurements nombreux, mais à possibilités d'exploitation en carrière à débit limité. Le tonnage disponible sous faible découvert est de l'ordre de 3 millions de tonnes avec une teneur moyenne de 5 pour 100 d'huile condensable, soit $150 000^t$ d'huile brute pour les environs de Salins et Besançon.

Plus au Nord, vers Baume-les-Dames, Autechaux, Rognon, Gouhelans, Nans, les gisements sont plus continus et à pendages souvent faibles permettant des exploitations à grand débit. De plus, la puissance marque une nouvelle augmentation et atteint 15 à 20^m, la teneur restant à 4,5 pour 100. Le tonnage disponible entre Baume-les-Dames et Belfort est de 60 millions de tonnes environ, soit 3 millions de tonnes d'huile brute.

Quittant la région plissée du Jura, on atteint les larges affleurements subhorizontaux du Toarcien qui caractérisent les régions de Vesoul, Port d'Atelier et Langres.

Dans la région de Vesoul la puissance est de 25 à 30^m avec une teneur moyenne de 5 pour 100. Le relief mou, le pendage faible du schiste mis parfois à nu sur de grandes surfaces par l'érosion, rendent les conditions de gisement très avantageuses. Le tonnage disponible est considérable : le Toarcien constitue, en effet, le sol et le sous-sol immédiat de cette région. On compte de nombreuses masses découpées par l'érosion, dont le volume est de 50 à 100 millions de mètres cubes. Aussi est-il possible d'estimer à un minimum d'un milliard de tonnes le schiste disponible à ciel ouvert autour de Saulx de Vesoul, entre Villersexel et Faverney. Cette masse constitue une réserve de matière organique pouvant donner 50 millions de tonnes d'huile à la distillation.

La continuité de l'imprégnation des schistes à posidonies en hydrocarbures, depuis Salins jusqu'à Port d'Atelier, a été ainsi établie par près de 500 prélèvements et pyrogénations conduisant aux teneurs moyennes indiquées. La teneur varie de 3 à 10 pour 100 suivant les points, atteignant ce maximum au sommet de l'affleurement accidentel de Mouthier-Hautepierre.

Par contre, dans la région de Langres, ce niveau parfaitement déter-

miné en plusieurs points a en général un faciès marneux, micacé et non bitumineux. Cependant, près de Baissey, on retrouve des schistes à hydrocarbures dont la liaison avec ceux de Vesoul pourrait se faire par la région de Jussey-Port d'Atelier, où le niveau correspondant exigerait des sondages pour pouvoir être observé.

Au nord-est de Langres, le Toarcien à faciès schisto-bitumineux se retrouve en larges fenêtres dans le plateau jurassique, puis en affleurements continus jusqu'à Nancy. Sur ce trajet, trois gisements sont importants; Is en Bassigny (Haute-Marne), Chatenois (Vosges) avec 100 millions de tonnes de schiste et le gisement de Grimonviller-Fécocourt (Meurthe-et-Moselle) où plusieurs masses de 100 millions de tonnes ont été identifiées avec une teneur de 5 pour 100 d'huile. Au total, pour cette région, 15 à 20 millions de tonnes d'huile brute.

Les environs immédiats de Nancy sont caractérisés par des affleurements nombreux du Toarcien à flanc de coteaux, notamment à Mousson et Villeau-Val où la teneur dépasse 6 pour 100, mais, en général, la puissance de la couche schisteuse est réduite.

Le Toarcien a été reconnu hydrocarburé tout le long de la vallée de la Moselle depuis les abords de Pagny-sur-Moselle jusqu'à la vallée de l'Orne, au niveau de Rombas-Hagondange. Au sud d'Arnaville, les schistes ont une teneur de 5 pour 100, mais aux environs mêmes de Metz, nous avons trouvé des schistes à 6 et 9 pour 100 de matières condensables. Des sondages seraient utiles dans cette région pour fixer la puissance.

Dans la région de Thionville les schistes hydrocarburés ont été identifiés à Beuvange, Oeutrange et Kanfen. Enfin, dans les Ardennes, nous les avons retrouvés aux abords de Sedan et Flize avec 5 pour 100 d'huile. L'absence de relief a rendu la prospection difficile dans toute cette région qui mériterait d'être étudiée par sondage.

Une vue d'ensemble, du Jura jusqu'aux Ardennes, permet donc de constater une continuité remarquable du faciès schisteux et hydrocarburé du Toarcien. La puissance des couches et la régularité de l'imprégnation rendent possible d'envisager l'exploitation de ce niveau comme source d'hydrocarbures. Les tonnages reconnus dès maintenant entre Vesoul et Nancy représentent 1 milliard et demi de tonnes de schiste à 5 pour 100, soit 70 millions de tonnes d'huile brute.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la constitution des vents de sable en Syrie.* Note de M. **Ch. Combier**, présentée par M. Georges Perrier.

Le sable dans l'atmosphère est fréquent en Syrie. J'ai montré ailleurs (1) qu'il peut s'y trouver de trois façons différentes :

1° Par la *brume de sable*, transportée du Sahara dans le secteur chaud des dépressions de *Khamsin* presque exclusivement au printemps;

2° Par des *tourbillons de sable* à axe vertical, qui se groupent souvent en familles le long d'une même trajectoire pendant des heures ou même des journées. Ils se produisent surtout en été, et dans des zones privilégiées, toujours les mêmes;

3° Par les *vents de sable* proprement dits, qui peuvent, dans le désert où il ne pleut que rarement, se produire toute l'année.

De tous ces météores; les derniers sont les plus dangereux; d'autre part, leur étude détaillée est difficile, par le fait que ce sont des phénomènes du désert le plus souvent, et parce que le sable se diffuse autour des parties actives, les noyant dans une masse amorphe que l'œil ne peut analyser. On a indiqué précédemment (2) que la photographie, surtout avec les plaques panchromatiques et l'écran rouge employés par A. Poidebard dans ses expériences, permettait d'apporter d'utiles précisions sur la constitution interne des vents de sable, en éliminant de l'image la poussière diffusée.

Il semble résulter de nombreuses observations visuelles, confirmées et précisées par l'étude de photographies prises sur diverses émulsions, que le phénomène *se rattache toujours à des mouvements tourbillonnaires ou ondulatoires horizontaux*, comme il a été signalé dans la dite Note.

En effet, le *mur de sable* qui est la partie visible du météore, affecte la forme d'une nappe courbe à concavité tournée vers le haut, où règne une grande turbulence; il y a même parfois deux ou plusieurs de ces nappes parallèles. Cette apparence est produite par le rebondissement sur le sol d'un vent descendant qui arrache des particules dont le nombre et la grosseur dépendent à la fois de l'état du terrain et de la force du vent, ainsi que de son inclinaison sur l'horizon.

On devra donc prévoir des vents de sable toutes les fois que, au-dessus

(1) *Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*, 6, fasc. 4, 1933, p. 326 et suiv.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 640.

d'un sol sec et steppique ou dépourvu de végétation, la situation atmosphérique amènera des vents descendants assez forts (au-dessus de 8 m/s probablement). Par contre, il n'y aura pas lieu d'en craindre si la composante plongeante manque, et cela quelle que soit la force du vent. Par exemple, il y aura toujours vent de sable en avant d'un orage, le vent y prenant par entraînement une composante fortement descendante, et parfois sous l'orage, si le tourbillon est assez bas pour toucher le sol; l'arrivée d'un front froid sera généralement accompagnée d'un vent de sable, etc. Il s'en produira encore facilement sous le vent d'un relief si la brise est assez forte, mais il est alors local et stationnaire.

Parmi les conclusions pratiques susceptibles d'intéresser l'aviation, bornons-nous à la suivante, dont la méconnaissance est peut-être à la base de la plupart des accidents d'atterrissage près de vents de sable : il sera toujours dangereux, surtout hors des terrains préparés, d'atterrir dans l'air limpide derrière le *mur*, l'avion risquant d'être plaqué au sol, même à une assez grande distance. Le point d'atterrissage le moins défavorable serait probablement juste en arrière du point précis où le sable commence à être soulevé de terre, les filets d'air étant, à cet endroit seulement, à peu près horizontaux.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la relation entre les conductibilités électriques de l'air et le danger provenant de la foudre.* Note (1) de MM. **Robert Gibrat** et **Georges Viel**, présentée par M. Charles Fabry.

L'un de nous a récemment procédé à une série de mesures des conductibilités électriques de l'air sur le parcours de différentes lignes d'énergie électrique à haute tension. Ces mesures très nombreuses, faites au moyen de l'appareil Gerdien dans des conditions précisées ailleurs (2), nous ont permis d'établir des relations assez précises entre les conductibilités de l'air et le danger provenant de la foudre, et conduisent à des conclusions qui permettent de préciser celles de M. C. Dauzère (3).

Nous appellerons s la conductibilité totale de l'air, r le rapport de la

(1) Séance du 25 mars 1935.

(2) G. Viel, *Sur la détermination des zones exposées à la foudre au moyen de mesures de la conductibilité électrique de l'air* (*Conférence internationale des Grands Réseaux électriques*, session de 1935).

(3) *Bulletin de la Société française des Électriciens*, 3, juin 1933, p. 623.

conductibilité due aux ions négatifs à celle due aux ions positifs, D le danger provenant de la foudre, soit, par définition, le nombre de coups de foudre tombant par unités de longueur et de temps.

Les données expérimentales sont, pour chacune des variables r ou s et pour une ligne d'énergie donnée, la longueur totale $f(x)$ des tronçons où la variable considérée est inférieure à x et, dans les mêmes zones, le nombre $g(x)$ des coups de foudre obtenu par des relevés statistiques remontant, dans notre cas, à une vingtaine d'années. Il est facile de voir que

$$D(x) = \frac{g'(x)}{f'(x)},$$

mais le nombre des observations est encore trop faible et les valeurs ainsi déterminées pour le danger en fonction de x varient brusquement entre zéro et l'infini, sans qu'il soit possible d'interpoler raisonnablement une courbe continue. Nous avons donc utilisé les transformations suivantes définissant z et y en fonction de x :

$$f(x) = \frac{L}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-z^2}\, dz, \qquad g(x) = \frac{N}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{z} e^{-y^2}\, dy;$$

d'où

$$D(x) = \frac{N}{L} e^{z^2-y^2} \frac{dy}{dz},$$

L est la longueur totale de la ligne, N le nombre total des coups de foudre par an.

Nous avons trouvé que les faits sont bien représentés par les formules

$$z = a \log x + b, \qquad y = a \log x + c.$$

Ce qui démontre que la conductibilité totale de l'air, le rapport des conductibilités et le nombre des coups de foudre se répartissent suivant la loi que l'un de nous a appelée *loi de l'effet proportionnel* [1]. De plus, on obtient la formule remarquable suivante :

$$D(x) = k x^m,$$

k et m étant des constantes.

---

[1] R. GIBRAT, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 843; *Les Inégalités économiques*, 1931, p. 1 à 296; *Bulletin de la Statistique générale de la France*, 19, 1930, p. 469 et *Revue générale de l'Électricité*, 32, 1932, p. 493-501 et 525-532.

Finalement, la discussion de tous les résultats [1] nous a conduits aux conclusions suivantes :

1° La conductibilité totale de l'air s présente, en certains lieux, d'une manière permanente, des valeurs supérieures à celles que l'on trouve en d'autres lieux, il existe donc des points d'ionisation forte.

2° Le quotient r de la conductibilité due aux ions négatifs par celle due aux ions positifs, présente aussi, en certains lieux, d'une manière permanente, des valeurs supérieures à celles que l'on trouve en d'autres lieux. Il existe donc des points à prédominance marquée d'ions négatifs.

3° Les points à ionisation forte ne coïncident pas avec ceux à prédominance marquée d'ions négatifs. D'une manière précise, *les deux variables r et s ne sont pas liées.*

4° Les lieux à prédominance marquée d'ions négatifs sont toujours des points de prédilection de la foudre.

5° Les lieux de forte ionisation ne sont pas toujours des points de prédilection de la foudre.

6° Le danger à la foudre varie comme une certaine puissance des variables r et s. Pour deux lignes étudiées sur trois, il est indépendant de la conductibilité totale (exposant nul).

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Amplitude de la composante semi-diurne du gradient de potentiel électrique terrestre et activité solaire.* Note [2] de **M. R. Guizonnier**, présentée par M. Charles Maurain.

La méthode d'analyse que j'ai déjà employée, appliquée aux valeurs moyennes horaires mensuelles que j'ai utilisées pour l'étude de la composante diurne, fournit l'amplitude A' de la composante semi-diurne.

Les valeurs de A', portées en courbes, indiquent des variations d'une durée de l'ordre de quelques mois. Ces courbes offrent un parallélisme remarquable avec celles que donnent les valeurs moyennes mensuelles de la surface des taches solaires. Quand le parallélisme a été troublé par quelques irrégularités, des combinaisons, destinées à faire disparaître ces dernières,

---

[1] On en trouvera une analyse détaillée dans : R. Gibrat, *Étude statistique sur les relations entre la conductibilité électrique de l'air et le danger provenant de la foudre* (*Conférence internationale des grands réseaux électriques*, session de 1935).

[2] Séance du 25 mars 1935.

le montrent de façon sûre. La figure 2 indique le cas, très net, donné par l'observatoire de l'Ebre (1910-1911); la figure 1 est un exemple fourni par différentes stations étudiées pour un même groupe d'années (1927-1928).

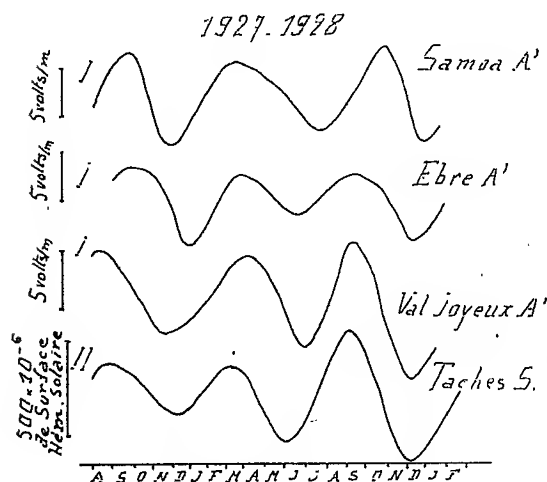


Fig. 1.

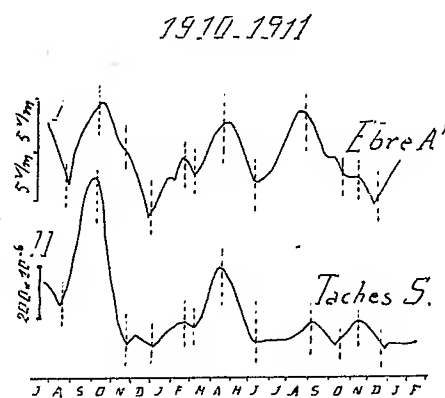


Fig. 2.

Les courbes I se rapportent à A′, les courbes II, à la surface des taches solaires.

L'amplitude A′ a été aussi isolée à partir des valeurs moyennes horaires annuelles pour les trois stations : observatoire de l'Ebre, Kew, Eskdalemuir, enregistrant depuis une trentaine d'années le gradient de potentiel électrique terrestre. Pour l'observatoire de l'Ebre seulement, le parallélisme a été trouvé, de façon nette, entre A′ et la surface moyenne annuelle des taches solaires (maxima en 1918 et 1929, minimum en 1922).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches physiologiques sur les parents et les hybrides de Fève* (Vicia faba *L.*). Note de Mme **C. Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Julien Costantin.

Les variétés de Fève que nous avons étudiées sont : la Fève des marais (*Vicia faba* var. *major*) dont les graines ont un poids moyen de 1g,31 et la Féverole (*Vicia faba* var. *minor*) dont le poids moyen des graines est de 0g,43. Les graines hybrides de première génération ont un poids moyen voisin de

celui de la plante mère. En deuxième génération, elles ont un poids intermédiaire de celui des parents (moyenne 0g,978).

Les analyses ont porté sur la teneur en azote et en glucides de ces Fèves.

Azote. — La teneur en azote total, présente, pour une même lignée, des fluctuations assez importantes. Si l'on examine chaque graine prise individuellement les résultats sont les suivants :

Fève des marais. — *Teneur en azote pour* 100 *de substance sèche : graines prélevées :*

1° Sur la même plante : 5,14; 5,51; 5,26.

2° Sur des plantes différentes : 5,19; 4,83; 4,94; 5,05; 4,86; 5,28, etc.

Féverole. — *Graines prélevées :* 1° *sur le même étage de gousses.* — Première plante (groupe de 3 gousses) :

	1re gousse (base).	2e gousse.	3e gousse (sommet).
Première graine	4,51	4,32	4,3
Deuxième graine	4,68	4,44	4,22
Troisième graine	4,57	4,43	4,34

Deuxième plante (groupe de 4 gousses) :

	1re gousse (base).	2e gousse.	3e gousse.	4e gousse (sommet).
Première graine	4,36	4,24	3,85	3,94
Deuxième graine	-	4,17	-	3,87

2° *Graines prélevées sur la même plante à des étages différents :*

	Base.	Milieu.	Sommet.
Troisième plante	4,98	4,9	4,68
Quatrième plante	4,61	4,36	4,24

La teneur en azote des graines de ces plantes appartenant à la même variété et cultivées dans les mêmes conditions, présente des fluctuations assez fortes, puisque, pour la Féverole par exemple, on obtient des chiffres compris entre 3,87 et 4,98, c'est-à-dire des différences atteignant plus de 20 pour 100 du contingent azoté total. En général, dans une même gousse les variations sont assez faibles, elles s'accroissent pour des gousses différentes prélevées sur la même plante, elles atteignent leur plus grande valeur pour des graines prélevées sur des plantes différentes. Dans une même plante, la répartition de la plus forte teneur en azote ne semble pas quelconque, tout au moins dans les cas étudiés. A la base de la plante se trouvent les graines les plus riches en azote, la quantité décroît en s'approchant du sommet.

D'une manière générale la Fève des marais présente une teneur en azote plus forte que la féverole (chiffre moyen : Fève des marais, 5,1 ; Féverole, 4,5). Il y a, en ce qui concerne la Fève, une quantité d'azote héréditairement transmise et qui constitue sa plus grande masse, et une quantité fluctuante qui est le propre des variations individuelles.

Chez l'hybride de deuxième génération les proportions d'azote se rapprochent, tantôt de l'un des parents, tantôt de l'autre, ou sont souvent intermédiaires :

Fève × Féverole (F_2). Teneur en azote pour 100 de substance sèche.

Graines :

1° Prélevées sur la même plante : 4,48; 4,5; 4,3; 4.37; 4,25; 4,25.

2° Prélevées sur des plantes différentes : 5; 5,34; 4,6; 5,3; 5,03.

Glucides. — L'analyse des glucides a donné, pour les hybrides et les parents, les résultats suivants (pour 100g de graines) :

	Fève.	Féverole.	Fève × Féverole (F_2).
Teneur eu eau	8,52	8,34	8,34
Sucre réducteur fourni par hydrolyse acide :			
Soluble dans l'alcool	5,64	3,91	4,42
Insoluble dans l'alcool	42,3	45,9	46,4
Sucre réducteur fourni par hydrolyse diastasique :			
Soluble dans l'alcool : Après action de l'invertine	3,6	2,1	2,6
» Après action de l'émulsine	5,95	3,63	4,23
Insoluble dans l'alcool : Action de la pancréatine (amidon)	35,8	35,3	36

Les teneurs en glucides des deux variétés croisées sont peu différentes. Les quantités trouvées chez l'hybride sont proches de celles des parents. Le croisement n'a donc pas sensiblement modifié l'activité de synthèse de ces substances chez l'hybride.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action de la folliculine et de l'équilénine sur le développement de la jacinthe.* Note de M. **Maurice-Marie Janot**, présentée par M. Auguste Béhal.

Les expériences de W. Schœller et H. Gœbel sur l'action de la folliculine sur les végétaux n'ayant pu être reproduites par A.-I. Virtanen et S. v. Hausen [1], H. v. Euler, et B. Zondek [2], et par R. Harder et

(1) *Nature*, 132, 1933, p. 408; *B. Z.*, 272, 1934, p. 32.

(2) *Bot. Z.*, 271, 1934, p. 64.

I. Störmer (¹) alors qu'elles étaient confirmées par R. Wasicky (²) et ses collaborateurs, Scharrer et Schropp (³) et partiellement par Chouard (⁴) et par moi (⁵), il m'a paru indispensable de procéder à de nouveaux essais.

J'ai cherché à préciser le rôle des traces d'alcali servant à solubiliser l'hormone dans l'eau, sujet également abordé par W. Schœller et H. Gœbel (⁶). Les études portant sur des plantes cultivées en terre ont été abandonnées. La terre est un milieu trop complexe pour mettre en évidence le rôle de chaque facteur. Aussi ai-je utilisé le développement de la jacinthe *l'Innocence* dans l'eau.

Le 11 octobre 1934, 200 bulbes choisis aussi identiques que possible, sains, sans bourgeons latéraux visibles et de poids voisin (80 à 85^{g}) sont répartis sur des vases à jacinthe, remplis d'eau potable. Le niveau de l'eau est amené à 2^{mm} environ au-dessous de la base du bulbe. La collection est répartie, dans une cave, à l'abri de la lumière, à une température de 10 à 13°.

Le 13 novembre, le développement des racines étant suffisant dans presque tous les échantillons, on procède aux essais proprement dits. On ne retient que 146 individus d'aspect identique. Les vases sont vidés, rincés à l'eau distillée à plusieurs reprises. On verse dans chacun d'eux, soit 10^{cm^3}, soit 25^{cm^3} de solution aqueuse à 4^{mg} par litre (saturation) de folliculine cristallisée (F.) ou d'équilénine (Eq.) ($1^{cm^3} = 4\gamma$ de l'hormone), ou de solution alcaline des deux principes dont 1^{cm^3} renferme $3,6\gamma$ NaOH et 4γ d'hormone. On complète ensuite à 450^{cm^3} avec de l'eau fraîchement distillée.

Toutes les séries comprenaient 15 échantillons sauf les séries alcalines à 10^{cm^3} qui en comptaient 10 et celles des témoins alcalins à 10 et 25^{cm^3} qui se composaient respectivement de 5 et 16 sujets (T. A.).

Le tout est placé dans une serre à 18°. Les flacons sont souvent agités et on rétablit le niveau de l'eau dans les vases par addition d'eau distillée, s'il y a lieu.

Les tableaux ci-après donnent d'abord la date de l'apparition de l'inflorescence (I), c'est-à-dire le moment où les feuilles s'écartent spontanément

---

(¹) *Jahrb. wiss. Botanik*, **80**, 1934, p. 1.
(²) *Biologia generalis*, **9**, 1933, p. 331.
(³) *Zeitschr. f. Pflanzenernährung*, **13**, 1934, p. 1.
(⁴) *C. R. Soc. Biol.*, **117**, 1934, p. 1180.
(⁵) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1175.
(⁶) *B. Z.*, **272**, 1934, p. 215.

et laissent voir l'inflorescence verte et ensuite (II) le jour où la première fleur blanche apparaît (en pour 100).

	I.						II.					
	21-XII-34.	27.	31.	9-I-35.	11.	24.	21-XII-34.	27.	31.	9-I-35.	11.	24.
T........	33	73	73	80	93	100	0	9	9	41	64	93
F.10.....	33	33	33	73	73	86	0	20	60	54	63	100
F.25.....	80	80	80	93	93	100	0	33	50	85	92	100
Eq.10....	26	40	53	86	86	86	0	33	25	76	84	100
Eq.25....	73	73	80	86	86	100	0	45	50	76	76	100
T.A.10...	20	80	80	100	100	100	0	25	25	20	40	100
F.A.10...	40	70	70	80	80	100	0	28	28	87	87	100
Eq.A.10...	20	60	60	70	88	88	0	50	66	85	75	88
T.A.25...	62	81	81	93	100	100	0	30	38	73	75	100
F.A.25...	53	60	60	80	80	100	0	33	44	75	83	100
Eq.A.25...	80	93	93	100	100	100	0	28	42	73	80	100

Remarques. — *a*. Plusieurs vases ont été envahis par des algues et moisissures et les racines des plantes touchées ont été très abîmées.

b. Les plus beaux résultats ont été obtenus avec l'équilénine à la dose de 100^{γ} en milieu alcalin (NaOH : 90^{γ}). Les feuilles sont grandes et vigoureuses, les inflorescences hautes et les hampes bien garnies.

c. Pour la folliculine, la dose optimum a été de 40^{γ}, en milieu alcalin à 36^{γ} NaOH.

Conclusions. — 1° L'apparition de l'inflorescence n'est vraiment hâtée, dans nos expériences, que dans le cas de l'équilénine en milieu alcalin et pour respectivement 100^{γ} et 90^{γ}.

2° La date de la floraison ne semble pas influencée par les hormones. On constate même que pour l'équilénine en milieu alcalin, l'avance observée pour l'apparition de l'inflorescence n'est pas conservée pour la floraison.

3° L'action de la folliculine et de l'équilénine est donc en réalité faible si l'on évite de nombreuses causes d'erreurs, et en particulier celles d'opérer sur un trop petit nombre d'échantillons et dans un milieu hétérogène comme la terre.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Cultures de tubercules obtenus par la germination de graines de Pomme de terre élevées en montagne en 1933.* Note de MM. **Joseph** et **Charles Bouget**, présentée par M. Julien Costantin.

En 1933, nous avons cultivé au Peyras, à 1400^{m} d'altitude, des plants de jeunes Pommes de terre issus de graines qui avaient été mises en germina-

tion le 28 février 1933 à Verrières-le-Buisson (Seine-et-Oise) dans les serres des Établissements Vilmorin ([1]). Ces plants furent expédiés en mai à Bagnères-de-Bigorre et mis en *terre ordinaire* abondamment fumée le 12 mai 1933. Dans ce sol riche et *surtout à cette forte altitude*, la végétation a été vraiment vigoureuse et la tubérisation abondante : six plantes ont donné le 29 novembre 74 tubercules d'un poids total de 2kg,200.

Il était intéressant de voir ce qu'ils donneraient l'année suivante. Nous les avons plantés en 1934 d'une part au Peyras et d'autre part à Bagnères-de-Bigorre (à 560m d'altitude).

Voici les résultats obtenus pour 10 pieds dans chacune des deux stations :

I. *Au Peyras* (à 1400m). — Plantation, le 16 mai 1934; arrachage le 15 octobre. On ne mentionne ici que les pieds à numéros impairs :

Pied.	Nombre des nouveaux tubercules.	Récolte.	Caractères des tubercules.
1	12	1,120	ronds et blancs
3	39	1,700	longs et rouges
5	10	0,580	ovales et blancs
7	9	0,500	longs et roses
9	13	1,500	ronds et blancs

Récolte totale des 10 pieds : 7kg,870 (avec 227 tubercules).

Remarque. — Le pied n° 2 a donné 75 tubercules (28 moyens et 47 petits et très petits, mais la récolte de ce pied n'a été que 0kg,370) de plusieurs couleurs.

II. *A Bagnères-de-Bigorre* (560m). — Plantation, le 14 mai, arrachage, le 21 octobre et 8 novembre.

Pied.	Nombre des nouveaux tubercules.	Récolte.	Caractères des tubercules.
2	7	0,410	bourgeonnement des tubercules
4	3	0,330	2 longs et rouges et 1 rond et blanc
6	12	0,630	longs et rouges
8	10	1,300	8 ronds blancs, 2 moyens rosés
10	10	0,590	ronds et blancs

Récolte totale des 10 pieds : 7kg,730 (avec 129 tubercules).

Remarque. — Les tubercules du pied n° 9 sont ovales et rosés.

Les variations qui viennent d'être signalées dans la récolte des divers

([1]) J. Costantin, J. Magrou, J. Bouget et Mlle V. Jaudel, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1195.

pieds et même dans celle d'un seul pied trahissent le caractère hétérozygote de la variété ainsi étudiée *Maréchal Franchet d'Esperey*, résultant d'une hybridation. Les variations ont porté sur la forme des tubercules (ronds, longs et ovales), et sur leur couleur (blancs, rouges ou rosés). D'ordinaire un pied donne des tubercules qui sont tous du même type (ronds et blancs, par exemple). Mais pour quelques pieds on a récolté des tubercules de types différents (pied n° 4 de Bagnères). Des faits de cette nature ont déjà été observés quand on a élevé des graines de Pomme de terre issues d'un croisement entre variétés différentes. L'exemple précédent méritait néanmoins d'être indiqué avec précision.

En outre, deux phénomènes méritent, croyons-nous, d'être surtout relevés.

1° A Bagnères-de-Bigorre, les tubercules, pieds n° 3 et n° 4, présentent un bourgeonnement au moment de la récolte (8 novembre 1934). En outre pour la récolte du pied n° 1 certains tubercules commençaient à germer le 18 novembre 1934. Il semble donc que la période de repos de la végétation souterraine, qui coïncide d'ordinaire avec le moment de l'arrachage, n'existait pas. Ce bourgeonnement s'accuse surtout sur les tubercules colorés; les blancs sont peu bourgeonnés.

2° Cette persistance de l'activité de la partie de la plante qui est dans le sol s'est montrée également par l'observation suivante. A Bagnères-de-Bigorre certains pieds ont été arrachés le 21 octobre (c'est-à-dire à une date voisine de l'arrachage du Peyras, 15 octobre); or, ce jour-là après avoir enlevé les tubercules gros, moyens et petits, on trouvait plusieurs tubercules qui étaient en voie de formation. Voici les longueurs et largeurs des tubercules observés : $11^{mm} \times 6^{mm}$; $8^{mm} \times 6^{mm}$; $11^{mm} \times 3^{mm},5$; $5^{mm} \times 4^{mm}$; $7^{mm} \times 2^{mm}$; $3^{mm} \times 1^{mm}$; $2^{mm},5 \times 1^{mm}$; $1^{mm},5 \times 1^{mm}$. Il arrive souvent qu'au moment de la récolte on remarque quelques petits tubercules, mais jamais, croyons-nous, des *tubercules véritablement microscopiques* qui sont manifestement aux premiers stades de la tubérisation. Nous avons d'ailleurs laissé en terre un des pieds, du 21 octobre au 8 novembre, et nous avons observé à cette dernière date, après l'enlèvement des gros tubercules, qu'il restait au milieu du chevelu des stolons et des racines des tubercules mesurant : $11^{mm} \times 8^{mm}$; $12^{mm} \times 7^{mm}$; $12^{mm} \times 9^{mm}$; $14^{mm} \times 5^{mm}$; $11^{mm} \times 6^{mm}$; $8^{mm} \times 7^{mm}$; $9^{mm} \times 5^{mm}$; $5^{mm} \times 3^{mm}$; $6^{mm} \times 5^{mm}$; $7^{mm} \times 2^{mm}$; $3^{mm} \times 2^{mm}$, etc.

L'activité des Champignons symbiotiques s'est donc maintenue du 21 octobre au 8 novembre.

Le rendement moyen au pied est à peu près le même dans les deux stations :

787gr au Peyras, 773gr à Bagnères. Il semble, dans ce dernier cas, que la productivité en relation avec l'altitude de 1400m (en 1933) s'est conservée en 1934 à l'altitude de 560m.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Sur le pouvoir absorbant des sols vis-à-vis du chlorure de magnésium.* Note de M. **Robert Échevin**, présentée par M. Marin Molliard.

On sait que certains constituants des sels fertilisants (ammoniaque, acide phosphorique, potasse) ne sont que très faiblement extraits des sols par les eaux de drainage. Par contre le pouvoir absorbant des sols est beaucoup moins élevé pour d'autres éléments; la magnésie, en particulier, est généralement entraînée avec facilité par les eaux météoriques.

En utilisant une méthode récemment mise au point par Javillier et Lavollay [1], permettant de doser aisément dans les solutions du sol, des quantités de magnésium de l'ordre de quelques dixièmes de milligrammes, nous nous sommes proposé de déterminer l'importance du pouvoir absorbant de divers sols à l'égard d'un sel de magnésium très soluble, le chlorure.

Sept types de terre ont été constitués à partir d'argile, de calcaires, d'humus et de sable de Fontainebleau, puis introduits dans des tubes de Schlœsing de 5cm de diamètre intérieur, fermés à la base par une double épaisseur de toile de soie. Deux tubes contenant le même poids de terre (26cm de hauteur) ont été mis en expérience avec chaque type de terre. L'un des tubes, le témoin, reçoit 150cm³ d'eau distillée, l'autre 150cm³ d'eau tenant en solution 78mg,5 de Cl^2Mg6H^2O, soit 9mg,3 de magnésium. Les sols sont ainsi également hydratés sans qu'il se produise d'écoulement par la base des tubes. Deux jours après chaque sol reçoit un arrosage de 100mm d'eau distillée (40cm³ quotidiennement pendant 5 jours), 27 jours plus tard nouvel arrosage de 120mm (40cm³ quotidiennement pendant 6 jours).

Chaque tube contenant 510cm³ de terre reçoit donc, en dehors de l'eau d'hydratation, 440cm³ d'eau d'arrosage, soit une pluie de 220mm. Le magnésium a été dosé dans les eaux de drainage recueillies par la base de chaque tube.

---

(1) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 16, 1934, p. 1531.

		Volume des liquides écoulés après le premier arrosage.	Volume des liquides écoulés après le deuxième arrosage.	Total.	Magnésium contenu dans la totalité des eaux de drainage.
		cm³	cm³	cm³	mg
Sol n° 1 (humus 3, calcaire 5, argile 5)	Sol témoin.......	88	90	178	31,31
	Sol + 9mg,3 de Mg.	71,5	60	131,5	35,42
Sol n° 2 (humus 3, sable 10)	Sol témoin.......	100,5	97	197,5	29,70
	Sol + 9mg,3 de Mg.	53,5	41	94,5	24,47
Sol n° 3 (humus 3, argile 10)	Sol témoin.......	133,5	124	257,5	42,26
	Sol + 9mg,3 de Mg.	114	104	218	36,17
Sol n° 4 (calcaire 5, sable 10)	Sol témoin.......	114,5	87	201,5	1,37
	Sol + 9mg,3 de Mg.	83	51	144	1,67
Sol n° 5 (calcaire 5, argile 10)	Sol témoin.......	87,5	115	202,5	6,74
	Sol + 9mg,3 de Mg.	71	55	136	6,47
Sol n° 6 (sable)	Sol témoin.......	144	89	233	traces
	Sol + 9mg,3 de Mg.	106	48	154	4,01
Sol n° 7 (argile)	Sol témoin.......	101,5	101	202,5	11,49
	Sol + 9mg,3 de Mg.	63,5	77	140,5	9,50

A l'examen des chiffres apparaît un fait pour le moins inattendu, dans cinq cas sur sept les eaux de drainage des sols témoins renferment davantage ou autant de magnésium que les eaux qui ont drainé les sols dans lesquels le chlorure a été ajouté. Encore faut-il faire remarquer que les sols 1 et 6, qui font exception, n'ont pas abandonné la moitié de la dose de magnésium qu'ils ont reçue. Le sol très léger, constitué par le sable de Fontainebleau, a conservé 57 pour 100 du magnésium ajouté.

Tous les témoins ont fourni beaucoup plus d'eau de drainage que les sols correspondants enrichis en chlorure de magnésium. En admettant que l'évaporation ait été la même, pendant la durée de l'expérience, dans les deux lots d'un même sol, on peut facilement calculer que, pour 100cm³ d'eau d'arrosage, la quantité d'eau retenue par les sept témoins est respectivement proportionnelle aux nombres 59, 55, 41, 54, 54, 47 et 54, tandis que, dans les sols enrichis en chlorure, l'eau est retenue proportionnellement aux nombres 72, 78, 48, 67, 69, 65 et 68.

On peut conclure que les sols possèdent un pouvoir absorbant élevé vis-à-vis du chlorure de magnésium. D'autre part il n'est pas sans intérêt de remarquer que l'apport de chlorure, à la dose employée dans ces expériences,

a pour effet d'augmenter, très sensiblement pour certaines terres, la capacité des sols pour l'eau; la capacité du sable de Fontainebleau, en particulier, passe de 47 à 65 par addition du sel.

AGRONOMIE. — *Le rapport* C/N *dans la plante* Blé *à l'épiaison et à la floraison; ses notables variations suivant le milieu*. Note (¹) de MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac**, présentée par M. Émile Schribaux.

Différents auteurs ont établi que le rapport carbone/azote augmente à mesure que la plante avance en âge. A chaque époque physiologique de la plante, doit donc correspondre un rapport C/N qui lui est propre. Aussi, est-il indispensable, lorsqu'on veut faire porter la comparaison sur plusieurs variétés n'ayant pas la même durée de végétation, de les échantillonner au même âge physiologique.

Deux époques physiologiques peuvent être saisies avec précision :

a, l'épiaison (sortie complète du premier épillet hors de la dernière gaine foliaire);

b, le début de la floraison (sortie des étamines des fleurs de base des épillets du centre de l'épi).

Nos observations portent sur diverses variétés de Blé qui nous furent adressées en 1934 par plusieurs centres agronomiques.

Examinons d'abord comment varie, dans un même lieu, la valeur C/N pour plusieurs variétés observées aux deux époques physiologiques citées, et correspondant à toute la partie aérienne de la plante, la racine étant exclue.

Colmar.

	Aurore.	Chiddam de mars.	Garnett.	Manitoba.	Marquis.	Reward.
Épiaison C/N	10,9	10,1	10	11,9	10,4	10,7
Floraison C/N	16,2	15,4	15,2	15,2	15,7	14,7

Nous remarquons d'abord que ce rapport est moins élevé à l'épiaison qu'à la floraison, fait prévu, traduisant surtout un enrichissement en cellulose de la plante qui vieillit. Mais, d'autre part, nous constatons que la valeur C/N reste sensiblement la même, quelle que soit la variété considérée, indiquant par là que, sans doute, le milieu, plus que la variété, a

(¹) Séance du 25 mars 1935.

commandé le chimisme de la plante. En fait, cette influence prépondérante du milieu va se retrouver en considérant des Blés ayant végété dans des conditions nettement différentes.

En effet, nous avons examiné, à une même époque physiologique, la floraison, les valeurs du rapport carbone/azote sur des Blés de différentes provenances. Le tableau ci-dessous nous donne les valeurs de C/N ainsi trouvées :

Rapport C/N au début de la floraison.

	Clermont-Ferrand.	Colmar.	Dijon.	Versailles.	Montpellier.
Aurore	–	16,2	16,5	15,7	46,5
Chiddam de Mars	22,7	15,4	15,2	15,2	–
Garnett	21,8	15,2	14,5	14,1	–
Manitoba	22,8	15,2	15,4	16,0	45,1
Marquis	24,6	15,7	15,6	15,2	–
Reward	–	14,7	15,0	14,0	–
Alsace	–	–	15,5	–	43,6
Vilmorin 27	–	–	15,4	–	44,3

Autres variétés à Montpellier en 1934.

Florence Aurore	48,5	Aubaine	44,8
Bon fermier	47,6	Préparateur Étienne	35,8
Hâtif inversable	46,5	Carlotta Strampelli	41,6
P. L. M. 1	44,3	Alliés	36,7
Ardito	44,7	Bordeaux	45,3
Saissette	45,7	Rieti	42,7
Rouge prolifique	34,8	Hérisson	44,2
Touzelle blanche	43	Blaedette de Puylaurens	43,9

L'examen de ces chiffres montre que ce rapport, pour les cultures de Colmar, Dijon, Versailles, ne présente pas de différences appréciables, mais qu'il devient plus élevé pour toutes les variétés à Clermont-Ferrand, et atteint enfin une valeur beaucoup plus grande pour les nombreuses variétés étudiées à Montpellier.

En conclusion, complétant ce qui a déjà été dit à propos de N, P^2O^5, K^2O [1], cette expérience nous permet d'affirmer que *le milieu détermine d'une façon prépondérante le chimisme de la plante Blé*, et qu'on ne saurait confondre le mode d'alimentation ni la constitution des Blés d'une même variété, cultivés les uns dans le nord, les autres dans le midi de la France.

(1) *Comptes rendus séances Acad. d'Agriculture*, 21, 23 janvier 1935, p. 126.

BIOLOGIE. — *Études sur les effets biologiques des ultra-pressions : action des pressions élevées sur les tumeurs.* Note de MM. **James Basset**, **Eugène Wollman**, **Michel-A. Machebœuf** et **Michel Bardach**, présentée par M. Félix Mesnil.

Il a été établi [1] que les spores bactériennes ne sont pas tuées lorsque la pression atteint 10000atm. Les formes végétatives des bactéries sont tuées aux environs de 5000atm. Les bactériophages présentent une résistance de même ordre que les formes végétatives des bactéries, avec cette particularité que la résistance varie dans les limites assez larges (2000 à 6000atm), suivant le groupe de bactériophages. Le virus vaccinal, qui résiste à 2000atm, est tué à moins de 4000atm. Enfin les diastases et les toxines résistent aux pressions énormes de 10000atm et il faut atteindre 12000 ou 15000atm pour les inactiver.

Il était indiqué d'étendre ces recherches aux tumeurs malignes, dans l'espoir de recueillir quelques indications sur la nature toujours controversée de ces processus. Nos expériences ont porté sur une tumeur filtrable de la poule, le sarcome de Rous, ainsi que sur 4 tumeurs de souris : le carcinome 63 et le sarcome 37 de Londres; le sarcome d'Ehrlich qui a fait l'objet des récentes recherches de Besredka et Gross; une tumeur spontanée du poumon fournie par Mme V. Henri et dont la nature histologique n'a pas été précisée.

Les tumeurs de souris étaient très finiment découpées aux ciseaux et les fragments ainsi obtenus mis en suspension dans de l'eau physiologique. Pour chaque tumeur, 6 souris furent inoculées avec la suspension témoin, tandis que 6 étaient inoculées avec chacune des fractions soumises à la pression (1800, 4000 et 6000atm pendant 30 minutes); en tout 24 souris par tumeur. La tumeur de poule fut soigneusement broyée et mise en suspension dans de l'eau physiologique. Deux poules furent inoculées avec la suspension témoin et deux poules avec chacune des fractions soumises à la pression. Dans tous les cas, les suspensions témoins furent conservées dans les mêmes conditions de température et pendant le même laps de temps que les fractions soumises à la pression.

Résultats. — Avec le sarcome de Rous, seules les poules témoins ainsi

---

(1) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 1431; **196**, 1933, p 67, 1138 et 1540; **197**, 1934, p. 796; **200**, 1935, p. 1072.

que celles inoculées avec la fraction soumise à une pression de 1800^{atm}, contractèrent des tumeurs; ces dernières d'ailleurs avec un certain retard par rapport aux témoins : ceux-ci sont morts respectivement 17 et 19 jours après inoculation, alors que les poules inoculées avec la suspension pressée à 1800^{atm} succombèrent après 44 et 52 jours.

Quant aux tumeurs de souris, la pression la plus basse employée, celle de 1800^{atm}, avait suffi à les inactiver toutes; seules en effet, pour les quatre tumeurs étudiées, les souris témoins, inoculées avec les suspensions non pressées, présentèrent des tumeurs.

La fragilité des tumeurs de souris à la pression ayant été ainsi mise en évidence, une nouvelle expérience fut instituée. Comme les résultats obtenus avaient été identiques pour les quatre tumeurs de souris étudiées, une seule de celles-ci, le sarcome 37, a, cette fois-ci, été mise en expérience. Des suspensions de cette tumeur préparées comme il a été dit furent soumises aux pressions de 1000 et 1800^{atm}; 6 souris furent inoculées avec chacune des fractions ainsi traitées, 6 autres le furent avec la suspension témoin. Cette fois encore, les souris inoculées avec la fraction portée à 1800^{atm}, restèrent indemnes; celles inoculées avec la fraction pressée à 1000^{atm}, ainsi que les souris témoins, contractèrent des tumeurs.

Il résulte de ces expériences que, parmi les tumeurs étudiées, seul le sarcome de Rous, lié à un principe filtrable, présente une résistance à la pression comparable à celle de certains agents antérieurement étudiés (bactériophage staphylococcique, virus vaccinal). La sensibilité à la pression des tumeurs de souris s'est donc montrée plus marquée que celle des divers principes étudiés jusqu'ici. Il paraît probable que cette sensibilité est liée à celle des cellules néoplasiques elles-mêmes.

HISTOGENÈSE. — *Formation des baguettes d'élastoïdine chez les embryons de Salmonides.* Note de Mlle **Henriette Garrault**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les éléments sous-épidermiques qui constituent la charpente primaire des ébauches des nageoires chez les embryons et les larves d'un très grand nombre de Poissons, ont été décrites, voici longtemps déjà, comme des *baguettes cornées*; Goodrich (1904) les nomme *actinotrichia*. Ces formations persistent chez l'adulte, dans la nageoire adipeuse de quelques Téléostéens

et dans les nageoires des Élasmobranches (*ceratotrichia* de Ryder et de Goodrich); elles prennent alors un développement considérable.

Les baguettes cornées, *actinotrichia* ou *ceratotrichia*, sont des formations conjonctives, comme le pensaient déjà Leydig et Gegenbauer, mais elles sont constituées par une scléroprotéine spéciale, contenant du soufre et différant, par sa nature chimique, à la fois du collagène et de l'élastine; c'est l'élastoïdine de Krukenberg (1885).

Le développement des baguettes d'élastoïdine a été étudié par R. G. Harrison (1893), chez l'embryon des Salmonides; cet auteur a pensé que des cellules mésenchymateuses, différenciées dans un sens spécial, les ptérygoblastes de Ryder, participent directement à l'élaboration de ces baguettes. Reprenant l'étude du même objet, dans le but de préciser le mécanisme de la formation des baguettes, nous avons constaté que celles-ci apparaissent au stade M. de Laguesse, dans la partie périphérique des plis ectodermiques, dorsal et ventral, constituant les ébauches des nageoires; elles apparaissent juste au-dessous du tégument, dans une région *qui n'est pas encore envahie* par le développement progressif du réseau mésenchymateux et où l'on n'observe que de très rares cellules migratrices mobiles.

L'épiderme est limité, du côté interne, par une lame basale, électivement colorable comme une substance collagène, résistante, et pouvant être isolée mécaniquement de l'épiderme. C'est à sa face interne qu'apparaissent, d'abord par groupes, de très fines fibrilles parallèles, plus ou moins espacées. Elles sont parfaitement lisses, rectilignes, légèrement obliques par rapport à l'axe de l'embryon.

Aux stades suivants, on observe l'accroissement, en nombre et en longueur, des éléments fibrillaires qui prennent rapidement l'aspect définitif des baguettes cornées, en même temps que le réseau mésenchymateux envahit progressivement toute l'ébauche de la nageoire.

Il résulte nettement de ces faits que l'apparition des fibres d'élastoïdine est indépendante des cellules mésenchymateuses, et que les aspects décrits par Harrison s'expliquent par l'infiltration secondaire des cellules mésenchymateuses mobiles, qui s'insinuent entre les fibres déjà formées, en voie d'accroissement, et s'allongent à leur surface.

Les baguettes cornées se présentent comme des aiguilles droites, pointues, de forme bien définie, de consistance rigide et élastique, assez différentes des structures collagènes fibrillaires. Leurs propriétés optiques indiquent une structure anisotrope, le grand axe optique coïncidant avec l'axe de la fibre. D'après leur mode de formation, on doit considérer les

baguettes d'élastoïdine comme résultant de la séparation ou de la précipitation orientée d'une substance intercellulaire particulièrement insoluble.

On pourrait supposer que la structure primitive de la basale sous-épidermique ([1]) contribue à l'orientation parallèle des baguettes d'élastoïdine. Il est remarquable cependant que les *actinotrichia* n'existent pas seulement au contact de la lame basale; elles peuvent également se former dans les espaces occupés par le mésenchyme, dans l'épaisseur de la nageoire caudale en particulier. Lorsque ces formations se développent ainsi dans un milieu fluide ([2]), leur orientation est quelconque et les baguettes apparaissent fréquemment groupées en bouquets d'aiguilles divergentes.

A l'égard des problèmes généraux soulevés par l'histogénèse du tissu conjonctif, il est intéressant de constater que les baguettes d'élastoïdine se développent dans le milieu intercellulaire, indépendamment de l'action directe des cellules et conformément au schéma donné par Baitsell et par Nageotte pour le développement des structures collagènes proprement dites.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de dosage de l'antitoxine diphtérique par la viscosité.* Note ([3]) de M. **P. Lecomte du Noüy** et Mlle **Viviane Hamon**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Pensant que la floculation utilisée par Ramon pour le dosage de l'antitoxine diphtérique était l'aboutissement macroscopique de phénomènes physicochimiques invisibles, nous avons essayé de mettre ceux-ci en évidence au moyen de la méthode viscosimétrique ([4]).

Procédant exactement comme il est prescrit pour la méthode de Ramon, nous avons préparé un certain nombre de tubes à essai contenant 5^{cm^3} d'une toxine diphtérique de valeur connue, à laquelle nous avons ajouté des quantités progressivement décroissantes de sérum à doser. Nous avons ensuite mesuré les viscosités de ces différents mélanges à $25° \pm 0,01$.

([1]) Cette lame basale apparaît elle-même comme un double système fibrillaire, croisé à angles droits, très difficile à définir, même aux plus forts grossissements.

([2]) Les espaces intercellulaires sont remplis par une substance muqueuse colorable par le muci-carmin.

([3]) Séance du 18 mars 1935.

([4]) Lecomte du Noüy, *J. of Gen. Physiol.*, 5, 1923, p. 429. *Exposition du Centenaire de Pasteur*, Strasbourg 1923. Envois de l'Institut Rockefeller.

Nous avons alors constaté, après un temps variable suivant le sérum employé, une augmentation très nette et souvent assez considérable (50 pour 100) de la viscosité. Le mélange qui présentait cette augmentation *dans le temps le plus court* était le même que celui qui présentait la floculation le plus rapidement, et par conséquent celui dans lequel la toxine et l'antitoxine sont mutuellement et exactement saturées. Parfois, mais pas toujours, cette réaction se produit dans le viscosimètre en un temps plus court que le temps nécessaire pour faire apparaître la première floculation dans la technique de Ramon : 30 minutes au lieu d'une heure ou une heure et demie. A ce moment, le mélange est parfaitement limpide. Parfois, le temps est le même. Mais, dans certains cas où la floculation donnait un résultat douteux, c'est-à-dire quand elle semblait se produire à peu près simultanément dans trois ou quatre tubes, nous avons constaté une différence de temps sensible dans l'apparition du maximum de viscosité. Ceci permet de faire espérer qu'on pourrait obtenir un dosage plus rigoureux que par la floculation.

Le maximum de viscosité est très pointu; c'est-à-dire qu'ayant atteint une certaine valeur, la viscosité diminue aussitôt.

Voici les résultats de trois expériences. Ces mesures, exprimées en unités arbitraires (lectures sur l'échelle) proportionnelles à la viscosité absolue, correspondent au mélange saturé toxine-antitoxine :

Temps (min.).	0.	10.	20.	24.	30.	37.	40.	50.
Exp. 65	290	315	390	424	350	325	318	318
Exp. 67	300	317	350	385	429	470	420	363
Exp. 71	298	316	368	410	443	385	348	344

Le tableau ci-dessous contient les écarts de temps observés entre les maxima obtenus avec des doses différentes d'antitoxine.

	Expérience 65.			Expérience 67.			Expérience 71.				
Doses d'antitoxine (en cm³).	0,8	0,9	1,0	0,6	0,7	0,8	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Maximum atteint (en min.).	26	24	28	44	37	44	–	55	30	35	115
Amplitude du maximum...	389	424 (1)	418	410	470 (1)	456	–	415	443 (1)	444	393

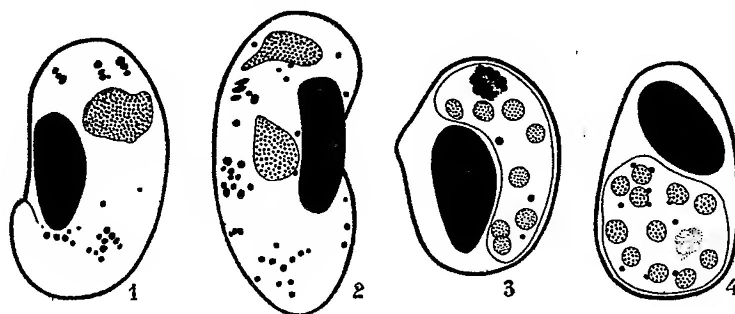
La température joue un rôle important dans ce phénomène et influe sur le temps qui s'écoule entre le mélange de l'antitoxine et de la toxine et l'apparition du maximum de viscosité.

(1) Saturé.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution schizogonique du macrogamétocyte d'*Hæmoproteus paddæ. Note ([1]) de MM. **René Legroux** et **André Lwoff**, présentée par M. Félix Mesnil.

Katahira (1929) a rencontré dans le sang du calfat (*Padda oryzivora* L.) un *Plasmodium* assez rare coexistant avec l'*Hæmoproteus*; ce *Plasmodium* a été revu par Uegaki (1930) et Kikuth (1931). Katahira a montré que ce *Plasmodium* est faiblement infectieux pour le canari, presque pas infectieux pour le moineau. Uegaki l'a réétudié en détail. Kikuth a montré qu'il est inoculable au canari et se comporte comme un *Plasmodium præcox* (*relictum*) de faible virulence. Brumpt, qui le décrit à nouveau (1935), vient de créer pour lui l'espèce *Plasmodium paddæ* ([2]).

En 1924 ([3]) nous avons interprété, comme stades de l'évolution schizogonique du macrogamétocyte de l'*Hæmoproteus paddæ*, les figures que nous donnons ci-contre. M. Brumpt les attribue dans sa récente Communication à la schizogonie de *Plasmodium paddæ*. D'après Brumpt : « les grains de pigment de *P. paddæ* sont fins et assez nombreux, ils sont beaucoup moins volumineux que ceux d'*Hæmoproteus paddæ* » (p. 968). L'examen de nos figures montre que, pour ce qui concerne les stades 2 (*fig.* 2) et 8 (*fig.* 3), le pigment des figures que nous attribuons à l'*Hæmoproteus* ne peut être rapporté au *Plasmodium paddæ* : les grains de pigment sont volumineux et, en particulier au stade 8, il existe, en plus de trois grains isolés, un gros



amas morulaire de pigment dont la masse est supérieure à celle de deux noyaux (*fig.* 3). Au stade à 11 noyaux (*fig.* 4), il y a, en plus des grains de

([1]) Séance du 25 mars 1935.

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 967.

([3]) *Bull. Soc. Path. exot.*, 17, 1924, p. 287.

pigment isolés, un amas de pigment diffus de taille relativement importante. L'amas pigmentaire du stade 8 (*fig.* 3) est notablement plus important que ceux que présentent les *Plasmodium* d'oiseaux : *Pl. præcox, cathemerium, elongatum, circumflexum.* D'après les caractères du pigment de *Plasmodium paddæ* donnés par M. Brumpt, les stades que nous avons décrits n'appartiennent certainement pas à ce *Plasmodium* (1).

De plus nous n'avons trouvé dans notre préparation, outre les stades que nous figurons ici et un autre stade 2, que des gamétocytes d'*Hæmoproteus* et rien qui puisse se rapporter à un *Plasmodium.* Nous ne voyons donc aucune raison pour abandonner le point de vue auquel nous nous sommes placés en 1924, qui se relie à la question de l'évolution schizogonique des gamètes des *Plasmodium* du paludisme humain.

HYGIÈNE. — *Étude de la clarification des eaux par les microbes.* Note de M. **Frédéric Diénert**, présentée par M. Pierre Viala.

Avec M. Villemaine j'ai montré que la clarification des eaux d'égout résultait de la coagulation des matières colloïdales par divers microbes se fixant sur certains corps comme la cellulose, la paille par exemple. Par la suite, j'ai constaté que ces mêmes microbes se fixent sur les verres du récipient quand ils ne trouvent pas d'autres matériaux. On voit alors peu à peu les parois de verre se salir tandis que le liquide se clarifie. En ensemençant dans des tubes contenant de l'eau d'égoût stérilisée une trace du dépôt trouvé sur le verre ou sur la paille ainsi activée on obtient la clarification de cette eau d'égoût. Ces dépôts renferment des germes coagulants auxquels l'oxygène est indispensable. En effet un séjour de ces microbes en présence de gaz carbonique entraîne un important ralentissement dans eur faculté de coagulation.

Il y a plusieurs espèces de microbes coagulants. D'une eau d'égout nous avons isolé un germe donnant une culture formant une pellicule mince sur les parois du ballon renfermant de l'eau d'égout stérile. D'autre part, d'une boue activée, par dilutions sucessives, on obtient une culture de microbes coagulants formant des grumeaux restant au fond du tube. Ces microbes

(1) F. Mesnil, analysant le travail de Uegaki, a fait remarquer (1932) que les stades d'évolution d'un *Plasmodium* du *padda*, décrits par ce savant, ne présentent aucune ressemblance avec ceux que nous avons interprétés comme évolution schizogonique du macrogamétocyte d'*Hæmoproteus paddæ*.

ne peuvent être isolés par culture sur gélatine ou sur gélose. Ces cultures examinées au microscope laissent voir de petits bâtonnets fortement agglomérés les uns aux autres formant comme une membrane assez résistante.

Nous n'avons jamais pu déceler de diastase coagulante dans une culture de ces microbes en filtrant celle-ci sur bougie Chamberland, après broyage de ces membranes microbiennes avec du sable stérile.

En cultivant ces microbes dans une eau d'égout, diluée pour obtenir une pellicule adhérente aux parois du ballon et en dilacérant ensuite cette pellicule dans l'eau distillée, on constate que la suspension microbienne ainsi obtenue est légèrement électro-positive. La même culture dans du bouillon de peptone forme une culture en voile qui, mise dans l'eau distillée, est électronégative par électrophorèse. Voici ce qui paraît se passer. Quand la culture adhère au verre, la charge positive de la membrane microbienne est saturée par la charge négative du verre; et quand on détache la culture du verre, la membrane récupère sa charge positive que l'électrophorèse décèle. Quand, au contraire, on cultive les mêmes cultures sur bouillon, le voile qui se forme, flottant dans le liquide, se sature de chaque côté de particules colloïdales électronégatives du milieu de culture et la suspension microbienne est électronégative à l'électrophorèse.

On comprend alors très bien pourquoi ces germes électropositifs adhèrent assez fortement aux parois électronégatives des récipients et aussi pourquoi les granules des matières colloïdales coagulées grossissent. C'est, qu'en effet, ces microbes coagulants se développent à la surface des particules coagulées et continuent à attirer au fur et à mesure sur eux les granules non encore agglutinées.

Ces microbes coagulants se retrouvent dans les boues activées, dans les filtres à sable lents où ils contribuent à la création de la couche biologique filtrante nécessaire pour obtenir des eaux claires.

Grâce à ces microbes on peut clarifier un liquide en le filtrant sur des matériaux qui ne passent pas pour être filtrants, comme par exemple des débris de tubes de verre.

En faisant passer l'eau trouble plusieurs fois à travers ces tubes de verre recouverts de microbes coagulants, on obtient une eau aussi claire que si elle était passée à travers un filtre à sable lent en pleine activité. Si l'on stérilise au préalable ces tubes de verre et l'eau trouble, on n'obtient aucune clarification.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Immunité croisée entre les cultures de typhus exanthématique historique ou murin et les virus de passage.* Note de MM. **Paul Giroud** et **Harry Plotz**, transmise par M. Charles Nicolle.

La culture des *Rickettsia* du typhus exanthématique, tentée par Wolbach et Schlesinger, puis par Zinsser et Batchelder, a été réalisée par Pinkerton et Hass, dans un milieu classique, et, par Clara Nigg et Landsteiner, en liquide de Tyrode, additionné de sérum et de fragments de vaginales de cobayes.

La valeur des cultures ne peut être jugée que par l'immunité qu'elles confèrent. Les résultats que nous rapportons ici ont été obtenus avec les cultures d'un virus murin mexicain (Zinsser) et d'un virus historique européen (F. Breinl), vis-à-vis de trois virus de passage : virus historique de Ch. Nicolle (Tunis), virus murin mexicain (Zinsser), virus murin I des rats du port de Tunis (Ch. Nicolle et H. Sparrow).

Les cultures employées ont pour origine des souches isolées par Nigg et Landsteiner; nous avons suivi, pour les repiquages, leur méthode. Ces cultures étaient inoculées, après un séjour de 10 jours à 37°, à la dose de 1$^{cm^3}$ à 1/100e de centimètre cube, dans le péritoine des cobayes; nous avons utilisé des cultures des 10e à 17e passages du virus européen, des 68e à 72e passages du virus mexicain.

A la suite des inoculations des cultures, les animaux présentent une courbe thermométrique caractéristique et, lorsqu'il s'agit du virus murin, une orchite. Les épreuves d'immunité croisée ont été pratiquées 1 et 3 mois après la première inoculation.

Expériences. — *Cobayes infectés par la culture du virus européen et éprouvés avec les virus de passage.*

Au bout d'un mois, les cobayes, infectés par la culture du virus européen, présentent une immunité absolue : 4 fois sur 4 contre le virus historique de Tunis, 2 fois sur 2 contre le virus murin mexicain et, 3 fois sur 4, contre le virus murin de Tunis. — *Au bout de 3 mois*, 2 cobayes sur 2, éprouvés par le virus historique de Tunis, présentent l'un et l'autre une légère réaction thermométrique; avec le virus mexicain, un cobaye montre une réaction thermométrique sans orchite, l'autre pas de réaction; avec le virus murin de Tunis, 1 animal sur 2 ne présente pas de réaction.

Cobayes infectés par la culture du virus européen et éprouvés avec cette même culture :

Au bout d'un mois, le seul cobaye éprouvé se trouve vacciné. — *Au bout de 3 mois*, 2 animaux sur 2 ne montrent pas de fièvre; l'un d'eux meurt prématurément.

Cobayes inoculés avec les virus de passage et éprouvés avec la culture du virus européen :

Au bout d'un mois, 2 cobayes sur 2 sont vaccinés par le virus historique de Tunis; avec le virus mexicain, 2 cobayes sur 2 ne sont pas vaccinés; avec le virus murin de Tunis, 1 cobaye présente une légère poussée, l'autre une fièvre caractéristique. — *Après 3 mois*, 2 cobayes sur 4 sont vaccinés par le virus historique de Tunis; 3 ne sont pas vaccinés par le virus murin mexicain; 1 mort prématurément et 2 non vaccinés par le virus murin de Tunis.

Cobayes infectés par la culture du virus mexicain et éprouvés avec les virus de passage :

Au bout d'un mois, 4 fois sur 4, les cobayes sont vaccinés contre le virus historique de Tunis, 2 fois sur 3 contre le virus mexicain, 2 fois sur 2 contre le virus murin de Tunis. — *Après 3 mois*, 2 cobayes sur 2 sont vaccinés contre le virus historique de Tunis; éprouvés avec le virus mexicain, l'un est vacciné, l'autre montre une fièvre et meurt; contre le virus murin de Tunis, 2 animaux sur 2 sont vaccinés.

Cobayes infectés par la culture du virus mexicain et éprouvés avec la culture du virus européen :

Au bout d'un mois, les 2 cobayes éprouvés sont vaccinés. — *Au bout de 3 mois*, sur 2 autres cobayes, l'un est vacciné et l'autre montre une fièvre.

Cobayes inoculés avec les virus de passage et éprouvés par la culture mexicaine :

Au bout d'un mois, sur deux cobayes infectés par le virus historique de Tunis, 1 est vacciné; d'autres cobayes sont, 1 fois sur 4, vaccinés avec le virus murin mexicain, 1 fois sur 2 avec le virus murin de Tunis. — *Après 3 mois* aucun des 6 animaux, inoculés avec les virus de passage, n'est vacciné.

En résumé. — Les cobayes, inoculés avec la culture du virus historique et éprouvés après 1 et 3 mois, sont vaccinés 11 fois sur 16 contre les virus de passage. Ces mêmes virus ont vacciné 4 cobayes sur 16 contre la culture virus européen (Breinl).

Les cobayes, inoculés avec la culture murine mexicaine, se montrent vaccinés après 1 et 3 mois, 13 fois sur 15 contre les virus de passage. Ceux-ci ont vacciné 3 cobayes sur 14 contre la culture du virus murin mexicain.

L'infection, provoquée par les cultures, vaccine donc mieux le cobaye contre les virus que l'infection provoquée par les virus de passage ne vaccine contre les cultures.

La séance est levée à $15^h 35^m$.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 AVRIL 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 3 avril 1935, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Gaston Fayet** pour occuper dans la Section d'Astronomie la place vacante par le décès de M. *B. Baillaud*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Gaston Fayet** prend place parmi ses Confrères.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les lois du dégagement d'électricité par torsion dans les corps piézoélectriques.* Note de MM. **Paul Langevin** et **Jacques Solomon**.

M. Edgar-Pierre Tawil (¹) d'une part, MM. Ny Tsi-Ze et Tsien Ling-Chao (²) d'autre part ont indiqué ici-même un certain nombre de résultats expérimentaux relatifs au dégagement d'électricité qui se produit lorsqu'on soumet un cristal de quartz à une torsion. De la lecture de ces Notes il semble résulter que ces différents auteurs considèrent ce phénomène comme de nature différente des phénomènes piézoélectriques connus depuis P. et J. Curie. Nous voudrions montrer ici qu'au contraire de cette opinion, la théorie générale de la piézoélectricité, telle qu'elle a été développée par W. Voigt (³) il y a vingt-cinq ans, prévoit un tel phénomène de

(1) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 1042; 199, 1934, p. 1025; 200, 1935, p. 1088.
(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1395; 199, 1934, p. 1101; 200, 1935, p. 732.
(3) *Lehrbuch der Kristallphysik*, 1re édition, 1910; 2e édition, Leipzig, 1928.

stréphoélectricité. En renvoyant à l'Ouvrage de W. Voigt pour l'explication des expériences de Röntgen sur la torsion d'un cylindre de quartz plein, nous nous contenterons de montrer que cette théorie permet de prévoir très simplement, de manière à la fois qualitative et quantitative, les lois de dégagement, de l'électricité par torsion d'un cylindre creux de quartz, qui ont fait plus particulièrement l'objet des travaux précités.

Soit donc un cylindre creux de quartz, de rayons extérieur et intérieur R_1 et R_2, de longueur l et dont l'axe Oz est parallèle à l'axe optique. Dans tout ce qui suit, la longueur du cylindre sera supposée grande vis-à-vis du diamètre extérieur. Prenons l'axe Ox parallèle à l'un des axes électriques, l'axe Oy étant perpendiculaire à Ox et Oz. Rapportées à ce système particulier d'axes, les équations tensorielles de W. Voigt qui relient le vecteur polarisation (P_x, P_y, P_z) au tenseur des efforts (X_x, X_y, ..., Z_z) prennent la forme simple

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} -P_x &= d_{11}(X_x - Y_y) + d_{14}Y_z,\\ -P_y &= -d_{14}Z_x - 2d_{11}X_y,\\ -P_z &= 0,\end{aligned}\right.$$

où les constantes d_{11} et d_{14} sont données par l'expérience et ont pour valeur

$$d_{11} = -6,3.10^{-8}, \qquad d_{14} = 1,93.10^{-8}.$$

Dans le cas simple où les efforts se réduisent à une torsion dans un plan perpendiculaire à l'axe optique, les équations (1) se réduisent à

$$(2)\qquad P_x = -d_{14}Y_z, \qquad P_y = d_{14}Z_x, \qquad P_z = 0.$$

La constante d_{11} ne joue donc aucun rôle dans notre problème.

Or les principes généraux de la théorie de l'élasticité nous montrent que, un couple N étant exercé sur la section terminale, on doit avoir

$$Y_z = kx, \qquad Z_x = -ky,$$

k étant déterminé par la condition

$$-\iint xY_z\,dx\,dy = \iint yZ_x\,dx\,dy = \frac{N}{2},$$

où l'intégration est étendue à la section droite du cylindre. On en déduit, en tenant compte de (2),

$$P_x = \frac{2d_{14}Nx}{\pi(R_1^4 - R_2^4)}, \qquad P_y = \frac{2d_{14}Ny}{\pi(R_1^4 - R_2^4)}, \qquad P_z = 0.$$

Cette polarisation est équivalente, au point de vue de l'action extérieure, à une densité de charge superficielle

$$\sigma = -\,P\cos(P,\,n_i),$$

n_i étant la normale intérieure à la surface, soit

$$\sigma_1 = -\frac{2d_{14}NR_1}{\pi(R_1^4 - R_2^4)}, \qquad \sigma_2 = \frac{2d_{14}NR_2}{\pi(R_1^4 - R_2^4)}$$

pour les surfaces latérales externe et interne du cylindre et une densité de charge en volume

$$\rho = -\operatorname{div} P,$$

soit

$$\rho = -\frac{4d_{14}N}{\pi(R_1^4 - R_2^4)}.$$

Ceci posé, il s'agit de déterminer l'influence qu'exercent ces répartitions de charge sur deux armatures cylindriques coaxiales au cylindre, de rayons R_1 et R_2 et dont la différence de potentiel est supposée nulle. Tout d'abord il suffit de considérer la forme des densités σ_1, σ_2 et ρ pour en conclure que la densité de charge sur les armatures sera uniforme, en accord avec les résultats expérimentaux mentionnés ci-dessus.

Considérons maintenant un cylindre de rayon r compris entre R_1 et R_2, de hauteur égale à l'unité, et appliquons-lui le théorème de Gauss. Le champ électrique h le long de ce cylindre est radial et donné par

$$2\pi rh = \frac{4\pi}{K}[q + 2\pi\sigma_2 R_2 + \pi\rho(r^2 - R_2^2)] = \frac{4\pi}{K}[q + \pi\rho r^2],$$

où K est la constante diélectrique du quartz dans les directions perpendiculaires à l'axe optique et q la charge de l'armature métallique interne par unité de longueur. La différence de potentiel entre les armatures s'en déduit par intégration,

$$V_2 - V_1 = \int_{R_1}^{R_2} h\,dr = \frac{2}{K}\int_{R_1}^{R_2}\left[\frac{q}{r} + \pi\rho r\right]dr = \left[q\log\frac{R_2}{R_1} + \frac{\pi\rho}{2}(R_2^2 - R_1^2)\right]\frac{2}{K}.$$

Cette différence de potentiel étant nulle, nous obtenons, pour la charge totale dégagée sur chaque armature,

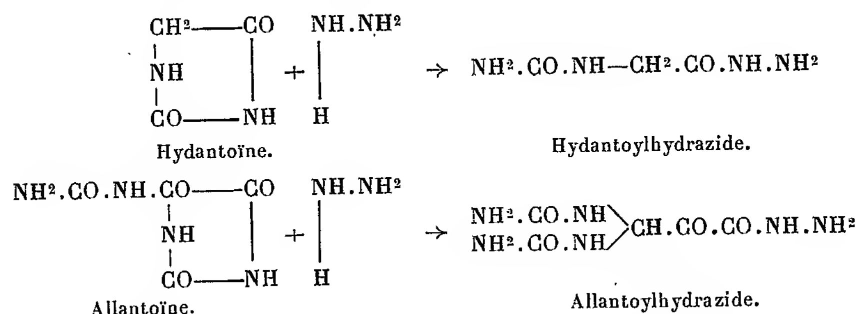
$$Q = \frac{2\,d_{14}\,lN}{(R_1^2 + R_2^2)\log\dfrac{R_1}{R_2}}. \tag{3}$$

Cette formule est évidemment d'aspect fort différent de celles qui ont été indiquées dans les travaux expérimentaux rappelés plus haut. Toutefois, il est aisé de s'assurer qu'elle est en bon accord avec les données expérimentales. C'est ainsi que les mesures de MM. Ny Tsi-Ze et Tsien Ling-Chao donnent, par l'intermédiaire de (3), pour la constante d_{14} les valeurs 2.10^{-8}; $2,1.10^{-8}$; $2,1.10^{-8}$; $2,3.10^{-8}$, en bon accord avec la valeur $1,93.10^{-8}$, telle qu'elle est indiquée par Voigt.

Nous n'insisterons pas sur l'explication des différents aspects du phénomène. On peut affirmer que la théorie générale de Voigt est en mesure de donner une réponse satisfaisante à tous les problèmes qui concernent le dégagement d'électricité dans les corps piézoélectriques, que ce soit par simple pression, par flexion ou par torsion.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'hydrazine sur les uréides cycliques (acide parabanique).* Note de MM. **Richard Fosse**, **Paul-Émile Thomas** et **Paul De Graeve**.

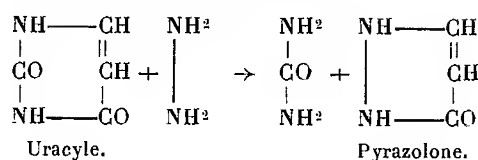
L'hydrate d'hydrazine scinde le noyau de l'hydantoïne et de l'allantoïne en formant des corps possédant les deux fonctions uréide et hydrazide (R. Fosse, Ph. Hagene et R. Dubois) (1) :



Tandis que l'hydrazine donne des produits d'*addition* aliphatiques de l'hydantoïne et de l'allantoïne en ouvrant leur chaîne fermée, elle réagit, au contraire, par *substitution* sur le noyau pyrimidique de l'uracyle et de la thymine, qu'elle transforme en un autre noyau hétérocyclique, la pyrazo-

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 578.

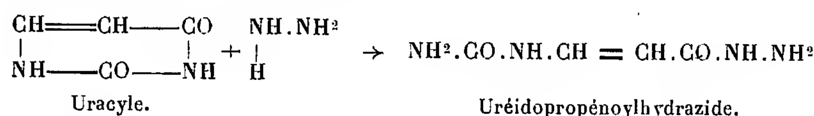
lone, avec production d'une molécule d'urée :



Uracyle. Pyrazolone.

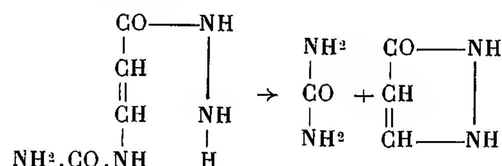
La pyrazolone et la méthylpyrazolone étant, comme l'urée, transformables en dérivés dixanthylés, très peu solubles et de poids moléculaires élevés, il en résulte que l'uracyle et la thymine peuvent être caractérisés ou identifiés, en très petites quantités, par l'analyse élémentaire (R. Fosse, A. Hieulle et Lawrence W. Bass) (¹).

La formation de pyrazolone par l'action de l'hydrazine sur l'uracyle ne représente que le résultat final de la réaction. Nous pensons qu'il se forme d'abord un terme intermédiaire instable, à chaîne ouverte, analogue à l'hydantoylhydrazide, d'après le schéma :

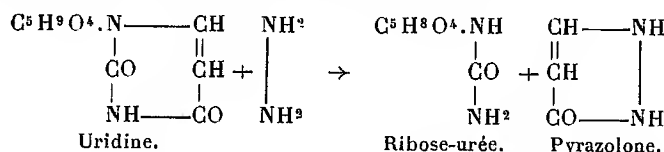


Uracyle. Uréidopropénoylhydrazide.

Puis l'uréidopropénoylhydrazide encore inconnu, instable dans les conditions de l'expérience, se cyclise spontanément en produisant une molécule d'urée et de pyrazolone



A.-P. Levene et Lawrence W. Bass (²) ont pu étendre cette réaction spécifique et sensible du noyau pyrimidique à l'uridine et fixer ainsi la constitution de ce pentoside. Ces savants ont montré que l'hydrazine scinde l'uridine en riboside de l'urée et pyralozone. Le ribose est donc fixé sur l'azote pyrimidique et non sur un chaînon carboné

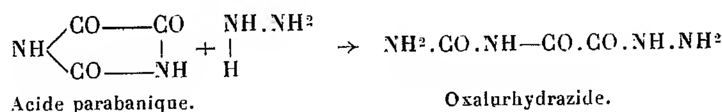


Uridine. Ribose-urée. Pyrazolone.

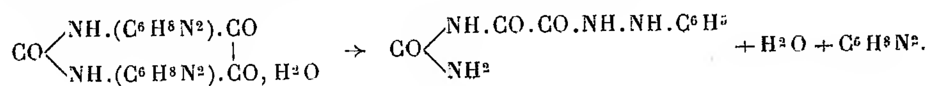
(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 811.

(²) *Journ. of biol. Chem.*, 71, 1926, p. 167.

L'acide parabanique se comporte-t-il comme l'hydantoïne et l'allantoïne vis-à-vis de l'hydrazine? L'oxalurhydrazide inconnue se produit-elle dans ces conditions?



Deux autres réactions s'ajoutent à celles que nous venons d'indiquer pour rendre très vraisemblable ce processus : la formation classique d'acide oxalurique par l'action de la potasse sur l'acide parabanique et la transformation par l'eau à l'ébullition du parabanate de phénylhydrazine en oxalurphénylhydrazide (Stinner et Ruheman) [1]



1. Action de l'hydrazine sur l'acide parabanique. Uréido-oxalyl-hydrazide. Oxalurhydrazide, $NH^2.CO.NH.CO.CO.NH.NH^2$. — *Préparation.* — Introduire de l'hydrate d'hydrazine à 50 pour 100 ($1^{cm^3},5$) dans l'acide parabanique ($1^g,3$), dissous dans l'eau (25^{cm^3}); essorer la bouillie cristalline et dissoudre les cristaux blancs dans l'eau à chaud. Par refroidissement, se déposent de fines aiguilles groupées, microscopiques, fondant avec décomposition par lent chauffage, vers 198°.

Analyses. — Trouvé : N pour 100, 38,5 et 38,1. Théorie pour $C^3H^6O^3N^4$: N pour 100, 38,3.

2. Action de la phénylhydrazine sur l'acide parabanique. Uréido-oxalylphénylhydrazide. — Nous avons préparé ce corps, découvert par Stinner et Ruheman [1], en faisant cristalliser dans la pyridine, à chaud, le précipité formé dans une solution d'acide parabanique, par quelques gouttes de liqueur de phénylhydrazine (formule donnée par G. Bertrand et P. Thomas pour la précipitation des sucres réducteurs) [2].

Analyses. — Trouvé : N pour 100, 24,9 et 25,2. Théorie pour $C^9H^{10}O^3N^4$: N pour 100, 25,2.

L'oxalurhydrazide se condense avec le xanthydrol, comme aussi, d'ailleurs, son uréide générateur, l'acide parabanique.

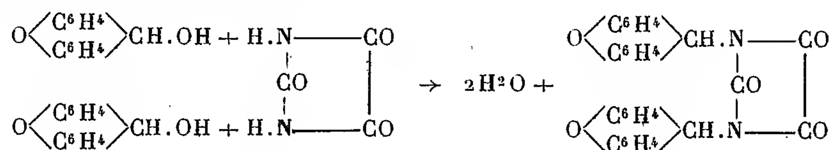
3. Action du xanthydrol sur l'acide parabanique. Acide dixanthylparabanique.

---

[1] *Journ. of the Chem. Soc. London*, 53, 1888, p. 556.

[2] Gab. Bertrand et P. Thomas, *Guide pour les manipulations de Chimie biologique*, 2e édition, 1913, p. 72.

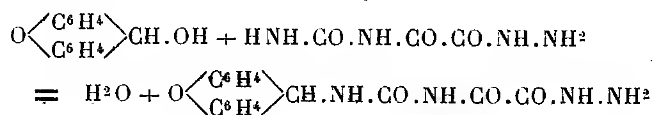
— Les deux atomes d'hydrogène de l'acide parabanique peuvent être remplacés par le radical xanthyle



Préparation. — A l'acide parabanique ($0^g,1$), dissous dans l'eau (5^{cm^3}) et l'acide acétique (5^{cm^3}), ajouter du xanthydrol ($0^g,4$), dissous à froid et au moment de l'expérience dans l'acide acétique (4^{cm^3}). L'agitation avec une baguette de verre provoque aussitôt l'apparition du dérivé xanthylé, formé d'aiguilles groupées microscopiques.

Analyses du corps recristallisé dans l'alcool méthylique ou l'éther, formé de prismes microscopiques, fondant à 214° (n. c.). Trouvé : N pour 100, 5,88 et 5,90. Calculé pour $C^{29}H^{18}O^5N^2$: N pour 100, 5,90.

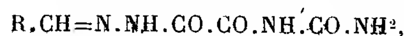
4. Action du xanthydrol sur l'oxalurhydrazide. Xanthyluréido-oxalurhydrazide



Traiter à chaud l'oxalurhydrazide ($0^g,1$) par l'eau (15^{cm^3}) et l'acide acétique (15^{cm^3}), filtrer pour séparer la partie non dissoute et ajouter à la liqueur encore tiède du xanthydrol ($0^g,3$) dans 10 fois son poids d'acide acétique. L'agitation provoque presque aussitôt la formation de cristaux microscopiques, insolubles dans les solvants usuels.

Analyse de ce corps brut, épuisé par l'alcool bouillant. Trouvé : N pour 100, 17,10. Théorie pour $C^{16}H^{14}O^4N^4$: N pour 100, 17,17.

5. Action des aldéhydes sur l'oxalurhydrazide. — Les aldéhydes sont précipités de leur solution aqueuse par l'oxalurhydrazide, dissoute à froid dans l'acide chlorhydrique très dilué, pour former des hydrazones à fonction uréide



$$R.CH{=}N.NH.CO.CO.NH.CO.NH^2,$$

cristallisées, insolubles ou fort peu solubles dans les dissolvants ordinaires.

Oxalurhydrazone de l'aldéhyde benzoïque :



$$C^6H^5.CH{=}N.NH.CO.CO.NH.CO.NH^2.$$

Fines aiguilles groupées, insolubles dans l'eau, l'alcool, l'éther, solubles dans la pyridine. Point de fusion : 215°, avec décomposition.

Analyse. — Trouvé : N pour 100, 23,66. Théorie pour $C^{10}H^{10}O^{3}N^{4}$: N pour 100, 23,83.

Oxalurhydrazone de l'aldéhyde formique :



$$CH^2{=}N.NH.CO.CO.NH.CO.NH^2.$$

Poudre cristalline, fondant à 212°, avec décomposition.

Analyse. — Trouvé : N pour 100, 35,21. Théorie pour $C^{4}H^{6}O^{3}N^{4}$: N pour 100, 35,44.

Oxalurhydrazone de l'acétaldéhyde :



$$CH^3.CH{=}N.NH.CO.CO.NH.CO.NH^2.$$

Fusion-décomposition : 224° après coloration à 220° (n. c.).

Analyse. — Trouvé : N pour 100, 32,53. Théorie pour $C^{5}H^{8}O^{3}N^{4}$: N pour 100, 32,55.

NOMINATIONS.

MM. **Charles Barrois**, **Louis de Launay**, **Lucien Cayeux** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration du nouveau *Muséum de Géologie pratique* et à la célébration du Centenaire du *Geological Survey* de Grande-Bretagne, en juillet 1935.

M. **Auguste Béhal** représentera l'Académie, avec M. **Gabriel Bertrand**, précédemment désigné, au *Ve Congrès national de la Chimie pure et appliquée*, qui aura lieu en Sardaigne du 1er au 7 mai 1935.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Gaston Bonnier. *Flore complète de France, Suisse et Belgique.* Table générale.

2° Spedizione italiana de Filippi nell' Himàlaia. *Caracorùm e Turchestàn cinese* (1913-1914). *Carte della Zona degli Altipiani e del ghiacciaio Rimu.*

3° *Det 4de Nordiske Kjemikermøte.* Oslo, 27-30 juin 1932.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les lois de probabilité à estimation exhaustive*. Note de M. **Georges Darmois**, présentée par M. Émile Borel.

Dans un Mémoire consacré aux principes de la statistique théorique [1], R. A. Fisher a introduit, avec diverses notions fécondes, celle de *sufficient estimation*. Il est revenu sur ce point dans plusieurs travaux [2]. Il serait peut-être permis, en raison des propriétés d'une telle estimation, de la qualifier d'exhaustive.

Si l'on considère une population dans laquelle un caractère x suit une loi de répartition de forme analytique connue, mais dépendant d'un paramètre inconnu α, la connaissance de n observations indépendantes permet de construire une infinité d'estimations de α.

Est-il possible qu'une de ces estimations, convenablement choisie, puisse remplacer à elle seule, dans le problème de la recherche de α, le groupe complet des observations, de telle sorte que sa seule connaissance épuise l'information, relative au paramètre α, contenue dans les n observations? Si l'on représente par un point M de l'espace à n dimensions, l'ensemble des variables aléatoires indépendantes $x_1, x_2, \ldots, x_n$, la loi de probabilité du point M doit avoir une structure particulière. Si a est en effet l'estimation exhaustive, fonction de $x_1, x_2, \ldots, x_n$, le point M pour une valeur donnée de a décrit une hypersurface Σ; la condition nécessaire et suffisante pour que a soit une estimation exhaustive est que la loi de probabilité liée du point M sur Σ ne dépende plus du paramètre α.

Cette condition se généralise au cas où la loi de probabilité du caractère x (ou des caractères $x, y, z, \ldots$) dépendrait de plusieurs paramètres. Sur la multiplicité où reste constante l'estimation exhaustive du groupe des paramètres, le point M a une loi liée qui ne dépend plus de ces paramètres. On peut obtenir, sous certaines hypothèses générales, la solution de ce problème.

Pour une variable x et un paramètre α, la densité de probabilité $f(x\alpha)$ a la forme suivante

$$f = e^{u(x)v(\alpha)+r(x)+s(\alpha)}, \qquad (1)$$

où $s(\alpha)$ se déduit des fonctions u, v, r.

---

(1) R. A. Fisher, *Phil. Trans.*, A, **222**, 1921, p. 309-368.

(2) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, **22**, 1925, p. 710; *Proc. of the Royal Soc.*, **144**, 1934, p. 285-307.

Les hypersurfaces Σ ont alors pour équation

$$u(x_1) + u(x_2) + \ldots + u(x_n) = \text{const.}$$

La solution pour k variables analogues à x, et h paramètres analogues à α est de même forme

$$(2)\quad \operatorname{Log} f = U_1(x, y, z, \ldots)A_1(\alpha, \beta, \ldots) + \ldots + U_h(x, y, z, \ldots)A_h(\alpha, \beta, \ldots) + V(x, y, z, \ldots) + B(\alpha, \beta, \ldots),$$

la fonction $B(\alpha, \beta, \ldots)$ se déduisant des fonctions U_i, A_j et V.

Les multiplicités Σ ont pour équations :

$$\sum_{i=1}^{n} U_1(x_i y_i z_i \ldots) = \text{const.}, \qquad \sum_{i=1}^{n} U_h(x_i y_i z_i \ldots) = \text{const.}$$

Conformément à une observation de R. A. Fisher, il existe un théorème de combinaison des estimations exhaustives relatives à n_1 observations, n_2 observations constituant un groupe de $n_1 + n_2$ observations. Les paramètres de la multiplicité $\Sigma n_1 + n_2$ sont en effet la somme des paramètres des multiplicités Σn_1, Σn_2.

Les résultats, énoncés pour une loi continue, sont valables pour une loi discontinue.

L'exemple le plus simple, généralisation d'un résultat bien connu, est fourni par les lois de Gauss à un nombre quelconque de variables, où les paramètres inconnus sont les coordonnées du point moyen. La forme (2) est en effet immédiate.

GÉOMÉTRIE. — *Transformation de Ribaucour des surfaces de Guichard. Réseaux cycliques. Nouvel aspect de la transformation d'Eisenhart.* Note de M. **P. Vincensini**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Les surfaces de Guichard sont les nappes focales des congruences rectilignes dont les réseaux focaux (réseaux de Guichard) sont formés de lignes de courbure (u, v). Ces surfaces se présentent toujours par couples (G, G_1), (G_1) étant transformée de Laplace de (G), dans le sens u par exemple. La première nappe de la développée de G [lieu des arêtes de rebroussement des développables normales à (G) le long des courbes $v =$ const.], et la deuxième nappe de la développée de (G_1) sont des surfaces de Voss (V), possédant un réseau conjugué géodésique.

Le problème de la recherche des surfaces (G) et (V) présente le même degré de difficulté que celui de la recherche des surfaces pseudo-sphériques, auquel il est d'ailleurs intimement lié.

Des méthodes de transformation permettant de déduire d'une surface (G) [ou (V)] supposée connue, une infinité de surfaces du même type, ont alors été imaginées, par Guichard pour les surfaces (G), par Eisenhart pour les surfaces (V). Ces procédés de transformation s'inspirent de la transformation bien connue de Bäcklund.

Je me propose d'indiquer ici (laissant de côté les démonstrations qui seront données dans un Mémoire ultérieur) un nouveau procédé de transformation des surfaces (G), distinct de celui de Guichard, et en relation beaucoup plus directe que ce dernier avec la transformation d'Eisenhart des surfaces de Voss.

2. Nous désignerons par la même lettre G, une surface de Guichard, le point qui la décrit, et le réseau (u, v) de ses lignes de courbure.

Soit (MR) une congruence quelconque harmonique au réseau (G), M étant situé sur la tangente à la courbe $v =$ const., et R sur la tangente à la courbe $u =$ const.

La congruence (MR) est *cyclique* et définit par suite une transformation continue de Ribaucour de (G), réalisée par les cercles associés à la congruence.

L'un des réseaux transformés de Laplace de (G) est un réseau de Guichard; nous supposerons que c'est le réseau transformé dans le sens u, et nous le désignerons par (G_1).

Transformons (MR) par la méthode de Laplace dans le sens u; la congruence transformée (MS) est harmonique au réseau (G_1), et est par suite *cyclique*, comme (MR). Le réseau $M(u, v)$ [conjugué à la congruence (GG_1)] jouit donc de cette propriété que *ses deux congruences focales sont cycliques :* nous dirons qu'un tel réseau est un *réseau cyclique*.

Il est probable que la totalité des réseaux cycliques s'obtient en prenant les réseaux conjugués aux différentes congruences (GG_1) de Guichard; mais je n'ai pas élucidé complètement cette question.

3. Appliquons au réseau (G) la transformation de Ribaucour définie par (MR). Tous les réseaux transformés sont *orthogonaux*, mais il est facile de voir qu'ils *ne peuvent pas être tous* des réseaux de Guichard.

Si les ∞^1 réseaux transformés étaient du type (G), leurs transformés de Laplace dans le sens u le seraient aussi, et l'on pourrait alors *réaliser un mouvement continu de la droite* (GG_1) *au cours duquel les points* G *et* G_1 *décriraient des cercles d'axes différents* (MR *et* MS), *ce qui est impossible*.

Le raisonnement précédent montre que le nombre maximum de réseaux (G) pouvant faire partie d'une même famille de transformations de Ribaucour (définie par une même congruence cyclique) est *deux*. Si donc il est possible de transformer, par la méthode de Ribaucour, un réseau (G) en une suite continue de réseaux analogues, les paramètres de la transformation affecteront *uniquement la congruence cyclique base de la transformation*.

Une fois cette congruence fixée, (G) aura au plus *un* transformé de Ribaucour (G′) du type (G). J'ai démontré que ce réseau transformé (G′) *existe toujours*.

4. Envisageons les normales aux surfaces (G) et (G′) en deux points correspondants. Associons deux à deux les nappes focales des congruences qu'elles forment. Soient par exemple (V) et (V′) les nappes pour lesquelles les courbes $v = \text{const.}$ sont arêtes de rebroussement : (V) et (V′) sont des surfaces de Voss. Les tangentes aux courbes $v = \text{const.}$ en deux points homologues de (V) et (V′) [normales à (G) et (G′) respectivement] concourent en vertu des propriétés de la transformation de Ribaucour, et l'on démontre aisément qu'il en est de même des tangentes aux courbes $u = \text{const.}$

Les deux réseaux (V) et (V′) sont *concourants* : ce sont *deux réseaux de Voss en transformation d'Eisenhart*.

Par une transformation simultanée de Combescure effectuée sur (G) et (G′), on peut rendre (G) et (G′) inverses. (V) et (V′) deviennent alors perspectifs par rapport au pôle d'inversion. L'existence de réseaux de Voss en correspondance perspective, mise analytiquement en évidence par Eisenhart (¹), reçoit ainsi une très simple explication géométrique.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la déformation des surfaces avec réseau conjugué persistant*. Note (²) de M. **Serge Rossinski**.

1. M. Vincensini a établi (³) une propriété caractéristique des surfaces (S) applicables sur une surface spirale : elles restent enveloppées moyennes d'une congruence rectiligne (C) invariablement liée à S, au cours d'une déformation *arbitraire* de (S).

(¹) *Transactions of the American Mathematical Society*, 15, 1914, p. 245-265.

(²) Séance du 1er avri 1935.

(³) *Bulletin de la Soc. math. de France*, 69, 1931, p. 211.

2. Dans cette Note, nous étudions le problème *de la recherche des surfaces* (S) *qui conservent la propriété d'être les enveloppées moyennes d'une congruence* (C), *invariablement liée à* (S), *au cours d'une déformation de* (S) *à réseau conjugué persistant.*

Soient $\vec{\rho}(u, v)$, $\vec{n}(u, v)$ le vecteur définissant (S) et le vecteur unitaire de sa normale. Désignons par (E, F, G), (D, D', D''), (E_0, F_0, G_0) les coefficients des formes $d\vec{\rho}^2$, $-d\vec{\rho}\,d\vec{n}$ et $d\vec{n}^2$ attachées à (S). Posons $\vec{\rho}_1(u, v)$ définissant la surface moyenne de (C) [surface de départ],

$$(1)\qquad \vec{\rho}_1(u, v) = \vec{\rho}(u, v) + \xi(u, v)\vec{\rho}(u) + \eta(u, v)\vec{\rho}_v.$$

Les deux premières formes de Kummer de (C) seront

$$d\vec{n}^2 = E_0\,du^2 + 2F_0\,du\,dv + G_0\,dv^2, \qquad d\vec{n}\,d\vec{\rho}_1 = e\,du^2 + (f + f')\,du\,dv + g\,dv^2,$$

(S) étant l'enveloppée moyenne de (C), on a

$$E_0 g - F_0(f + f') + G_0 e = 0,$$

soit, en tenant compte des valeurs des coefficients de Kummer,

$$(2)\qquad g_2 D - (g_1 + e_2) D' + e_1 D'' = 0,$$

où l'on a posé pour simplifier

$$e_1 = E\left[1 + \xi_u + \xi\begin{Bmatrix}11\\1\end{Bmatrix} + \eta\begin{Bmatrix}12\\1\end{Bmatrix}\right] + F\left[\eta_u + \xi\begin{Bmatrix}11\\2\end{Bmatrix} + \eta\begin{Bmatrix}12\\2\end{Bmatrix}\right],$$
$$e_2 = F\left[1 + \xi_u + \xi\begin{Bmatrix}11\\1\end{Bmatrix} + \eta\begin{Bmatrix}12\\1\end{Bmatrix}\right] + G\left[\eta_u + \xi\begin{Bmatrix}11\\2\end{Bmatrix} + \eta\begin{Bmatrix}12\\2\end{Bmatrix}\right],$$

g_2 et g_1 se déduisent de e_1, e_2 par la substitution (u, v), (E, G), (ξ, η).

3. Supposons maintenant que l'enveloppée moyenne (S) de (C) soit douée d'une base principale, et rapportée à cette base ($D' = 0$). Pour qu'au cours de la déformation sur sa base, (S) ne cesse d'être l'enveloppée moyenne de (C), il faut et il suffit que les fonctions ξ, η, E, F, G vérifient le système

$$e_1 = 0, \qquad g_2 = 0,$$
$$\frac{\partial}{\partial u}\frac{1}{k}\begin{Bmatrix}11\\2\end{Bmatrix} = \frac{2}{k}\begin{Bmatrix}11\\2\end{Bmatrix}\begin{Bmatrix}11\\1\end{Bmatrix}, \qquad \frac{\partial}{\partial v}\frac{1}{k}\begin{Bmatrix}22\\1\end{Bmatrix} = \frac{2}{k}\begin{Bmatrix}22\\1\end{Bmatrix}\begin{Bmatrix}22\\2\end{Bmatrix},$$
$$\frac{\partial}{\partial v}\begin{Bmatrix}11\\1\end{Bmatrix} + \frac{\partial}{\partial u}\begin{Bmatrix}22\\2\end{Bmatrix} + \frac{\partial^2 \log k}{\partial u\,\partial v} = 4\begin{Bmatrix}11\\2\end{Bmatrix}\begin{Bmatrix}22\\1\end{Bmatrix} \qquad (k = \text{courbure}).$$

Les trois dernières équations expriment que (u, v) forment une base principale sur (S) (¹).

La surface (S) étant supposée connue, l'intégration du système des deux premières équations fait connaître les congruences associées. On voit quel est le degré de généralité de la solution : *Il existe une infinité de congruences* (C) *associées à* (S), *et, pour en avoir une, il suffit de se donner arbitrairement la surface réglée de la congruence correspondant à une ligne arbitrairement choisie sur* (S).

Notons qu'il résulte de la forme des équations $e_1 = g_2 = 0$, que la connaissance de deux congruences attachées à (S) : (ξ, η), (ξ_1, η_1) entraîne celle d'un faisceau de telles congruences $[\xi + \lambda\xi_1, \eta + \lambda\eta_1, \lambda = \text{const.}]$.

Si l'on exige que (C) reste normale au cours de la déformation de (S) sur sa base, on retrouve un résultat de M. Vincensini (²) : (S) *doit être une surface minima arbitraire*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les coefficients des séries de puissances univalentes dans le cercle unité.* Note de MM. **Alfred Rosenblatt** et **Stanislaw Turski.**

1. M. Szegö (³) a montré qu'étant donné la fonction $f(z)$ régulière et univalente à l'intérieur du cercle unité

$$f(z) = \sum_0^\infty a_n z^n, \qquad a_1 = 1, \tag{1}$$

on a l'inégalité

$$|a_5| \leq \frac{68}{21\sqrt{5}} + \frac{19}{3}. \tag{2}$$

Le nombre à droite est contenu entre 7,781 et 7,783.

L'idée de la démonstration de (2) due à M. Grandjot consiste à envisager la fonction

$$g(z) = [f(z^{-2})]^{-\frac{1}{2}} = z + \frac{b_1}{z} + \frac{b_3}{z^3} + \dots \tag{3}$$

(¹) Buscheguennce, *Recueil de la Soc. math. de Moscou*, 28, 1912, p. 507-528 (en russe); Finikoff, *ibid.*, 28, 1912, p. 529-543 (en russe); Gambier, *Mémorial des Sc. math.*, fasc. XXXI, 1928, p. 33.

(²) *Bulletin des Sc. math.*, 53, 1929, p. 77-96.

(³) *Math. Annalen*, 100, 1928, p. 188-211.

univalente à l'extérieur du cercle unité. On a

$$(4) \qquad \sum_0^\infty a_n z^n = z\left(1+\sum_0^\infty b_{2n+1} z^{n+1}\right)^{-2}.$$

On trouve ainsi :

$$(5) \qquad \begin{cases} a_2 = -2b_1, \quad a_3 = -2b_3 + 3b_1^2, \quad a_4 = -2b_5 + 6b_1b_3 - 4b_1^3, \\ a_5 = -2b_7 + 6b_1b_5 + 3b_3^2 - 12b_1^2b_3 + 5b_1^4, \\ a_6 = -2b_9 + 6b_1b_7 + 6b_3b_5 - 12b_1b_3^2 - 12b_1^2b_5 + 20b_1^3b_3 - 6b_1^5, \quad \ldots. \end{cases}$$

On a d'ailleurs l'inégalité de M. Bieberbach

$$(6) \qquad \sum_1^\infty n\,|\,b_n\,|^2 \leqq 1.$$

2. Posons $|\,b_n\,| = \beta_n$ et remplaçons les termes dans les expressions (5) des coefficients a_n par les valeurs absolues. On aura des polynomes

$$(7) \qquad f(\beta_1, \ldots, \beta_{2n-3}) = f_n.$$

Posons

$$(8) \qquad \varphi_n = \varphi(\beta_1, \ldots, \beta_{2n-3}) = \beta_1^2 + \ldots + (2n-3)\beta_{2n-3}^2 - 1,$$

$$(9) \qquad F_n = f_n - \lambda\varphi_n.$$

Il est évident que l'on obtient des limites supérieures des $|\,a_n\,|$ en envisageant le maximum absolu relatif de f_n. On a donc les relations

$$(10) \qquad \frac{\partial F_n}{\partial \beta_{2i-3}} = 0 \qquad (i = 2, \ldots, n),$$

qui, avec l'équation $\varphi_n = 0$, déterminent les β et λ. On a $\lambda \neq 0$. On obtient ainsi, dans le cas $n = 4$,

$$(11) \qquad f_4^{\max} = \frac{1}{\lambda}\left[0,4 + \frac{(\lambda^2-3)^2(\lambda^2+6)}{54\lambda^2}\right],$$

où $x = \lambda^2$ est la racine comprise entre 39,028 et 39,029 de l'équation

$$(12) \qquad 5x^3 - 195x^2 - 9x + 135 = 0.$$

De même, pour $n = 5$, on a

$$(13) \qquad f_5^{\max} = \frac{7(5\lambda^2+14\lambda-7)(9-5\lambda^2)^2 + 252(9-5\lambda^2)(1-\lambda)(7+5\lambda) + 200\lambda(7+5\lambda)^2}{(7+5\lambda)^2 700\lambda^2},$$

où λ est la racine comprise entre 11,2 et 11,3 de l'équation

$$(14)\qquad 35\lambda^6 - 294\lambda^5 - 1029\lambda^4 - 787,2\lambda^3 + 26,6\lambda^2 + 188,72\lambda + 158,76 = 0.$$

Un calcul détaillé donne : pour a_4,

$$39,02839 < x < 39,02840,$$
$$(15)\qquad |a_4| < 4,503495;$$

pour a_5,

$$11,20 < \lambda < 11,21,$$
$$(16)\qquad |a_5| < 6,309536.$$

Remarquons que la même méthode donne, pour a_3,

$$(17)\qquad |a_3| \leqq 3\frac{1}{9}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de M. Carleman.* Note de M. **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous traitons dans cette Note le problème suivant posé par M. Carleman dans son livre (1) : *Indiquer des conditions (nécessaires et suffisantes) pour que deux classes quasi-analytiques* $C_{\{m_n\}}$ *et* $C_{\{m'_n\}}$ *soient identiques.* On sait que $C_{\{m_n\}}$ désigne la classe des fonctions telles qu'à chacune d'elles correspond une constante k permettant d'écrire

$$|f^{(n)}(x)| < k^n m_n \qquad (n = 0, 1, \ldots;\ a \leqq x \leqq b).$$

La suite $\{m_n\}$ étant donnée $\left(\lim \sqrt[n]{m_n} = \infty\right)$ considérons la suite *rectifiée* $\overline{m_n}$ définie de la manière suivante : on considère le polygone convexe dont tous les sommets sont des points de coordonnées $(n_i, \log m_{n_i})$ $(i = 1, 2, \ldots)$, aucun point $(n, \log m_n)$ n'étant au-dessous de cette ligne polygonale. $\overline{m_n}$ est l'ordonnée du point de la ligne polygonale dont l'abscisse est égale à n.

1. On sait (2) que la condition nécessaire et suffisante pour que la classe $C_{\{m_n\}}$ soit quasi-analytique est qu'en posant $T(r) = \max\limits_{n \geqq 0} r_n/m_n$ on ait

$$\int_1^\infty \log T(r) \frac{dr}{r^2} = \infty.$$

(1) Carleman, *Les fonctions quasi-analytiques*, Paris, 1926, p. 76.
(2) Ostrowski, *Acta Math.*, 53, 1929, p. 181.

Remarquons en passant qu'en tenant compte d'un théorème de M. Valiron [1] concernant les fonctions entières, on démontre cette nouvelle condition de quasi-analycité : *la condition nécessaire et suffisante pour que la classe* $C_{\{m_n\}}$ *soit quasi-analytique et que* $\Sigma\, 1/\sqrt[n]{\overline{m}_n}=\infty$.

C'est aussi la suite $\overline{m}_n$ qui va nous permettre de traiter le problème posé par M. Carleman.

Pour que toute fonction de la classe $C_{\{m_n\}}$ *appartienne à la classe* $C_{\{m'_n\}}$, *il faut que*

$$(A)\qquad \overline{\lim}\sqrt[n]{\frac{\overline{m}_n}{\overline{m}'_n}}<\infty.$$

$\{\overline{m}_n\}$ est la suite rectifiée de $\{m_n\}$; $\{\overline{m}'_n\}$ est la suite rectifiée de $\{m'_n\}$.

Remarquons que la condition (A) est équivalente à la suivante : *en posant* $T_1(r)=\max_{n\geqq 0} r^n/m'_n$, *il existe une constante positive* α *telle que* $T_1(\alpha r)<T(r)$.

Soient $a=0$, $b=2\pi$. On voit, d'une part, que toute fonction périodique $f(x)=\Sigma a_n\cos nx+b_n\sin nx$ appartenant à $C_{\{m'_n\}}$ est telle que

$$|a_n|<[T_1(\beta n)]^{-1},\qquad |b_n|<[T_1(\beta n)]^{-1},$$

où $\beta=\beta(f)$ est une constante indépendante de n. On constate d'autre part que si $\{n_i\}$ est une suite d'entiers tels qu'il existe une constante γ pour laquelle la série $\Sigma\, T(\gamma n_i)/T(n_i)$ converge, alors $\varphi(x)=\Sigma\cos n_i x/T(n_i)$ appartient à $C_{\{m_n\}}$, car

$$|\varphi^{(k)}(x)|<\sum_i n_i^k[T(n_i)]^{-1}\leqq\sum\frac{T(\gamma n_i)}{T(n_i)}\,\frac{m_k}{(\gamma n_i)^k}=C\frac{1}{(\gamma)^k}m_k.$$

D'où l'on voit qu'à une suite $\{n_i\}$ correspond une constante β' telle que $[T(n_i)]^{-1}<[T_1(\beta' n_i)]^{-1}$. Notre théorème en résulte facilement.

2. Nous dirons que la classe $C_{\{m_n\}}$ est complète, si la fonction périodique $f(x)$ appartenant à cette classe, $f'(x)$ lui appartient aussi. On peut démontrer le théorème suivant :

La condition nécessaire et suffisante pour que la classe $C_{\{m_n\}}$ *soit complète est qu'on ait*

$$\overline{\lim}\sqrt[n]{\frac{\overline{m}_{n+1}}{\overline{m}_n}}<\infty.$$

On remarquera en effet que $\Sigma(\cos nx)/[n^2\,T(n)]$ appartient toujours

[1] VALIRON, *Integral Functions*, Toulouse, 1923, p. 185.

à $C_{\{m_n\}}$. Si cette classe est complète, la fonction $\Sigma(n^2 \cos nx)/[T(n)]$ lui appartient aussi, d'où $T(n) > n^2 T(\alpha n)$, et réciproquement; d'où résulte facilement notre affirmation.

On peut construire un exemple d'une classe QUASI-ANALYTIQUE $C_{\{m_n\}}$ *qui ne soit pas complète.*

3. On peut démontrer le théorème suivant :

Si la classe $C_{\{m'_n\}}$ *est complète, et si* $\overline{\lim} \sqrt[n]{m_n/m'_n} < \infty$, *alors toute fonction périodique appartenant à* $C_{\{m_n\}}$ *appartient aussi à* $C_{\{m'_n\}}$.

On démontre ce théorème par des considérations semblables à celles qui ont servi à la démonstration du théorème du n° 1.

Par conséquent : *la condition nécessaire pour que deux classes* $C_{\{m_n\}}$ *et* $C_{\{m'_n\}}$ *soient identiques, est qu'on ait pour n suffisamment grand :*

$$0 < \beta < \sqrt[n]{\frac{m_n}{m'_n}} < \alpha < \infty.$$

Cette condition est aussi suffisante pour que toute fonction périodique appartenant à $C_{\{m_n\}}$ *appartienne à* $C_{\{m'_n\}}$ *et pour que toute fonction périodique appartenant à* $C_{\{m'_n\}}$ *appartienne à* $C_{\{m_n\}}$, *à condition que la classe* $C_{\{m_n\}}$ *soit complète (la classe* $C_{\{m'_n\}}$ *l'est alors aussi).*

Comme la classe $C_{\{n!\}}$ des fonctions analytiques est complète, on voit que *la condition nécessaire pour que la classe* $C_{\{m_n\}}$ *soit composée uniquement de fonctions analytiques [ou seulement pour que toute fonction* $f(x)$, *vérifiant les inégalités* $|f^{(n)}(x)| < m_n$ *soit analytique] est que*

$$\overline{\lim} \frac{\sqrt[n]{m_n}}{n} < \infty.$$

Réciproquement, si cette condition est vérifiée, alors toute fonction périodique appartenant à $C_{\{m_n\}}$ *est analytique.*

Il ne faut évidemment pas confondre le problème auquel nous venons de fournir une réponse dans les dernières lignes de cette Note avec le problème suivant : en posant $M_n = \operatorname{Max} |f^{(n)}(x)| \, (a \leq x \leq b)$, quelles sont les conditions nécessaires et suffisantes pour que $f(x)$ soit analytique. La condition nécessaire correspondant à cette question est évidente et bien connue; le fait que la même condition est suffisante résulte immédiatement de la condition suffisante (même très simplifiée) de quasi-analycité [1].

---

[1] Voir aussi la démonstration de ce dernier fait dans la Note de M. Ganapathy Iyer, (*Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1371).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les valeurs-limites des fonctions harmoniques.* Note [1] de M. **André Magnier**, présentée par M. Gaston Julia.

1. L'emploi des fonctions *harmoniques* comme majorantes conduit naturellement à chercher la forme des courbes équipotentielles.

Nous considérons, dans ce qui suit, les fonctions harmoniques dans un domaine D telles que leur valeur absolue admette dans tout le domaine une même majorante harmonique. Elles sont, comme on sait [2], représentables par une intégrale de Poisson. Nous prendrons pour domaine D le demi-plan supérieur ($y > 0$) et la fonction harmonique $H(z) = H(x + iy)$ aura pour valeur-limite sur $x'x$, $h(t)$ définie presque partout, sommable, et telle que $\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{h(t)\,dt}{t^2+1}$ ait un sens.

On discute aisément le nombre exact et la disposition des courbes $H = 0$ issues de O si $h(t)$ est analytique en O.

2. Mais les résultats de cette discussion s'étendent au cas beaucoup plus général où l'on suppose seulement que sur chacun des deux voisinages $(-R, O)$, $(O, +R)$ de O, la fonction $h(t)$ ne prend pas deux valeurs de signes opposés. On montre, en effet, facilement : *a*, qu'il ne part de O qu'un nombre fini d'arcs de Jordan (comprenant éventuellement des points ou des segments de $x'x$) sur lesquelles $H = 0$; *b*, que la fonction analytique $F(z)$, dont H est la partie imaginaire, ne peut prendre une infinité de fois la même valeur réelle au voisinage de O.

Cela posé, les conditions *nécessaires* pour qu'il parte m ($m \geqq 2$) courbes de O sont les suivantes :

1° la fonction $h(t)/t^m$ est sommable;

2° pour $p = 2, 3, \ldots, m-1$ les intégrales $\int_{-\varepsilon}^{+\varepsilon} h(t)\,dt/t^p$ sont nulles;

3° $(-1)^m h(t') \geqq 0$ pour $-R \leqq t' < 0$, en supposant $h(t) \geqq 0$ pour $0 < t \leqq R$.

Réciproquement, si les conditions précédentes sont vérifiées, trois cas sont à distinguer :

A. $I = \int_{-\varepsilon}^{+\varepsilon} h(t)\,dt/t^m > 0$. Il part de O non pas m, mais $m-2$ courbes $H = 0$; elles admettent en O des tangentes, à savoir les demi-droites d'argument $k\pi/m-1$ ($k = 1, \ldots, m-2$).

---

[1] Séance du 1er avril 1935.

[2] V. Ostrowski, *Acta Szeged*, 1, 1922-1923, p. 80.

B. $I < 0$. De O partent m courbes exactement admettant pour tangentes en O les demi-droites d'argument $k\pi/m - 2$ ($k = 0, 1, \ldots, m-1$).

C. $I = 0$, mais $h(t)/t^{m+2}$ n'est pas sommable. De O partent m courbes exactement.

3. En modifiant légèrement les résultats précédents, on en déduit les deux cas $m = 0$, $m = 1$.

4. On ne peut pas, à moins d'imposer à $h(t)$ des conditions peu naturelles, dire si les courbes $H = 0$ ont, ou non, dans le cas B précédent, des tangentes en O. Mais on a le théorème suivant :

Si les courbes C_1 et C_m issues de O ont des tangentes faisant l'angle $(m-1)\pi/p$ (les courbes $C_2, \ldots, C_{m-1}$ en ont aussi et elles forment un faisceau régulier d'angle π/p; avec $m - 1 < p < m + 1$), la fonction $h(t)/t^{p-\varepsilon}$ est sommable quel que soit ε positif; et, si les tangentes à C_1 et C_m sont distinctes de Ox et Ox' respectivement, $h(t)/t^{p+\varepsilon}$ ne l'est pas.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème général sur l'intégration d'un polynome trigonométrique.* Note de M. **Harald Bohr**, présentée par M. Gaston Julia.

En généralisant un théorème de l'auteur sur l'intégration d'une fonction presque périodique analytique, M. J. Favard [1] a démontré la proposition suivante, très intéressante, sur l'intégration d'une fonction presque périodique arbitraire :

Une fonction presque périodique de la variable réelle x

$$f(x) \sim \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos \Lambda_n x + B_n \sin \Lambda_n x)$$

à valeur moyenne nulle (c'est-à-dire sans terme constant), dont les fréquences Λ_n n'ont pas zéro pour une de leurs limites, a une intégrale $F(x)$ presque périodique elle aussi.

A l'aide de théorèmes bien connus de la théorie des fonctions presque périodiques on peut démontrer assez aisément que le théorème de M. Favard est équivalent au théorème suivant concernant les polynomes trigonométriques généraux :

(1) *Sur les fonctions harmoniques presque périodiques* (*Thèse*, Paris, 1927) et *Leçons sur les fonctions presque périodiques*, p. 154 (Collection Julia, Paris, 1933).

Soit

$$p(x) = \sum_{n=1}^{N} (A_n \cos \Lambda_n x + B_n \sin \Lambda_n x)$$

une somme finie, dont les fréquences Λ_n sont toutes plus grandes que zéro, c'est-à-dire qui ne contient pas de terme constant, et soit

$$P(x) = \sum_{n=1}^{N} \frac{1}{\Lambda_n} (A_n \sin \Lambda_n x - B_n \cos \Lambda_n x)$$

l'intégrale de $p(x)$, normée de manière qu'elle n'ait pas non plus de terme constant. Désignons par Λ la plus petite des fréquences $\Lambda_1, \ldots, \Lambda_N$ et par M *la borne supérieure de $|p(x)|$ dans l'intervalle $-\infty < x < \infty$. Alors on a pour tous les x l'inégalité suivante*

$$|P(x)| \leq C \frac{M}{\Lambda},$$

où C *désigne une constante absolue.*

En particulier, on doit observer que le second membre de cette inégalité ne dépend pas du nombre N des termes du polynome donné.

En suivant la marche de la démonstration de M. Favard, basée sur la considération des fonctions presque périodiques harmoniques, on peut donner une démonstration directe du théorème susdit sur l'intégration des polynomes trigonométriques. En outre, ce qui est plus intéressant, en précisant la méthode de démonstration en question, on peut même déterminer *la meilleure valeur de la constante* C. On trouve

$$C = \frac{\pi}{2}.$$

Une démonstration détaillée de notre théorème paraîtra dans un autre Recueil.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les nombres de Betti des groupes de Lie.* Note de M. **L. Pontrjagin**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans sa Conférence à Moscou au printemps 1934, M. E. Cartan a attiré l'attention sur le problème de la recherche des nombres de Betti dans les groupes clos de Lie. Il est facile de démontrer que la question se réduit à la recherche des nombres de Betti dans les groupes clos simples de Lie. La Note présente est consacrée à la résolution de ce problème.

Ma méthode, absolument élémentaire, permet non seulement de définir les nombres de Betti, mais encore de construire les cycles qui forment les bases d'homologie. Je ne me suis occupé jusqu'à présent que des quatre grandes classes A_r, B_r, C_r, D_r, où r désigne le rang du groupe correspondant [1]. Voici le résultat obtenu :

Théorème fondamental. — *Soit* M *une multiplicité quelconque à n dimensions dont le $i^{\text{ième}}$ nombre de Betti soit p_i $(i = 0, 1, \ldots, n)$. Appelons polynome de Poincaré de la multiplicité* M *le polynome $p_0 + p_1 t + \ldots + p_n t^n$. Pour les quatre grandes classes de groupes simples le polynome de Poincaré est représenté par $(1 + t^{h_1})(1 + t^{h_2}) \ldots (1 + t^{h_r})$.*

Les valeurs des nombres h_s $(s = 1, 2, \ldots, r)$ sont différentes pour les différents groupes : pour le groupe A_r on a $h = 2s + 1$; pour B_r on a $h_s = 4s - 1$; pour C_r on a $h_s = 4s - 1$; pour D_r on a $h_s = 4s - 1$ si $s \neq r$ et $h_r = 2r - 1$.

Ce résultat est une conséquence immédiate d'un théorème dont l'énoncé utilise la définition suivante :

Définition. — *Soit* G *un groupe de Lie et a et b deux cycles dans* G *de dimensions p et q. Appelons produit $c = ab$ des cycles a et b le cycle c obtenu par le procédé suivant : soient x et y des éléments de* G ; *si x parcourt le cycle a et y parcourt le cycle b, xy parcourra le cycle c. La dimension de c est égale à $p + q$.*

Théorème. — *Soit* G *un groupe simple d'une des quatre grandes classes. Il existe dans* G *une suite de cycles z_s $(s = 1, 2, \ldots, r)$, r désignant le rang de* G; *la dimension de z_s est égale à h_s. Désignons par e l'élément-unité du groupe* G *et considérons e comme le cycle* 0*-dimensionnel. Formons le produit formel $(e + z_1)(e + z_2) \ldots (e + z_r)$. Si l'on développe ce produit, chacun de ses membres sera un cycle dans* G *(voir la définition). L'ensemble de tous les cycles obtenus de cette manière constitue la base complète des homologies dans* G.

Ici je ne m'occuperai que du groupe A_r; la démonstration est analogue pour les autres classes.

A_r est formé de toutes les matrices unitaires et unimodulaires $\|a_{ij}\|$ $(i, j = 0, 1, \ldots, r)$. Les nombres complexes a_{ij} satisfont aux relations $\sum_{i=0}^{r} a_{ij}\bar{a}_{ik} = \delta_{jk}$, $\|\delta_{jk}\|$ désignant la matrice-unité. Le déterminant $|a_{ij}| = 1$. La dimension de A_r est égale à $r^2 + 2r$.

---

[1] E. Cartan, *Mémorial Sc. Math.*, fasc. 42, 1930.

Désignons par A'_{r-1} l'ensemble de tous les éléments de A_r satisfaisant à la condition $a_{00}=+1$. A'_{r-1} forme un sous-groupe de A_r qui sera isomorphe à A_{r-1}. Soient f_k $(k=0, 1, \ldots, r)$ les composantes d'un vecteur complexe unitaire, c'est-à-dire des nombres complexes satisfaisant aux conditions

$$\sum_{k=0}^{r} f_k \bar{f}_k = 1.$$

et soit α un nombre complexe de module égal à 1. Posons

$$f_{ij} = \delta_{ij} + (\alpha - 1) f_i \bar{f}_j.$$

La matrice $\|f_{ij}\|$, unitaire avec le déterminant égal à α, dépend des paramètres α et f_k. Il est à remarquer que si l'on multiplie tous les f_k par le même nombre β de module égal à 1, les f_{ij} ne changent pas. Changeons le signe de la première ligne de la matrice $\|f_{ij}\|$ et multiplions sa dernière ligne par $-\alpha^{-1}$. La matrice $\|f_{ij}\|$ obtenue de cette manière sera unitaire unimodulaire. L'ensemble de toutes les matrices $\|f_{ij}\|$ constitue dans A_r un cycle orienté z_r de dimension $2r+1$, $2r+1$ étant la différence des dimensions de A_r et de A'_{r-1}. Un calcul immédiat montre que les cycles A'_{r-1} et z_r se coupent en un seul point et que l'indice de leur intersection est égal à ± 1. Soient a et b deux cycles de A'_{r-1}, dont l'indice de l'intersection dans A'_{r-1} est égal à ν. On voit facilement que l'indice de l'intersection de az_r et de b dans A_r sera alors égal à $\pm\nu$. Ainsi, dans le cas où c est un cycle de A'_{r-1} non homologue à o dans A'_{r-1}, les cycles c et cz_r ne seront pas homologues à o dans A_r. Soient a_l $(l=1, 2, \ldots, m)$ la base complète des homologies dans A'_{r-1}; de ce fait démontré suit que les cycles a_l et $a_l z_r$ constituent un système indépendant dans A_r. Démontrons que ce système donne la base des homologies dans A_r.

Définissons sur A_r la fonction réelle $f(x)$, où x désigne la matrice $\|a_{ij}\|$ de A_r, comme étant égale à la partie réelle de a_{00}. Un calcul immédiat montre que la différentielle totale est nulle alors, et alors seulement, que $a_{00}=\pm 1$. L'ensemble A''_{r-1} des matrices pour lesquelles $a_{00}=-1$ est un cogroupe (Nebengruppe) pour A'_{r-1}. Puisque A_r est connexe, A''_{r-1} peut être transformé en A'_{r-1} par une déformation continue, et par conséquent tout cycle de A''_{r-1} est homologue dans A_r à un cycle correspondant de A'_{r-1}. Construisons des trajectoires orthogonales dans A_r pour la fonction $f(x)$ (¹).

(¹) M. MORSE, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 27, 1925, p. 345.

Alors, à l'aide de déformations continues le long de ces trajectoires, on peut réduire à A''_{r-1} chaque ensemble de A_r ne se coupant pas avec A'_{r-1}. De cette manière, tout cycle de $A_r - A'_{r-1}$ sera homologue à un certain cycle de A''_{r-1} et par suite à un certain cycle de A'_{r-1}. Soit y un cycle quelconque de A_r. Il est facile de construire une combinaison linéaire y' des cycles du système $a_l z_r$ telle que le cycle $y - y'$ ait pour indice d'intersection o avec tout cycle de A'_{r-1}; par conséquent $y - y'$ est homologue à un certain cycle de $A_r - A'_{r-1}$ (¹), et, d'après ce qui fut démontré plus haut, à un certain cycle de A'_{r-1}. Ainsi les systèmes a_l et $a_l z_r$ $(l = 1, 2, \ldots, n)$, constituent une base complète de A_r.

Le théorème reçoit ainsi une démonstration inductive.

Remarques au sujet de la Communication de M. L. Pontrjagin, par M. Élie Cartan.

La Note de M. Pontrjagin fait faire un progrès important à la topologie des espaces de groupes clos. J'avais démontré (²) que la somme des nombres de Betti, c'est-à-dire des coefficients du polynome de Poincaré, est égale à 2^r pour un groupe clos de rang r et d'autre part que ce polynome est divisible à la fois par $t^3 + 1$ et par $(t+1)^r$. Cela suggérait assez naturellement l'idée que le polynome de Poincaré pouvait être le produit de r facteurs binomes de la forme $1 + t^h$, les r exposants h étant impairs et le premier égal à 3. J'avais aussi été conduit à penser, mais sans pouvoir donner le moindre commencement de preuve, que, pour les groupes des classes A_r et B_r, les exposants h formaient une progression arithmétique, de raison 2 pour la première classe, de raison 4 pour la deuxième.

Comme on le voit par la Note précédente, le résultat ainsi soupçonné est bien exact. Mais M. Pontrjagin obtient aussi le polynome de Poincaré relatif aux deux autres classes C_r et D_r. Ce qui est encore plus important, c'est que sa démonstration repose sur des considérations *élémentaires directes* et lui permet de trouver dans chaque cas une base pour les homologies. Il est probable maintenant que le cas des cinq groupes simples exceptionnels sera assez facile à élucider.

(¹) L. Pontrjagin, *Math. Ann.*, 105, 1931, p. 190.

(²) *Annales de la Société polonaise de Mathématiques*, 8, 1929, p. 181-225.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'allure d'une fonction uniforme dans le voisinage d'un point singulier essentiel isolé.* Note (¹) de M. **Silvio Minetti.**

1. D'après un résultat célèbre établi par M. E. Picard et ensuite approfondi par M. Iversen, par M. Montel et par M. Julia, une fonction $f(z)$ analytique uniforme prend dans le voisinage d'un de ses points singuliers essentiels isolés toute valeur possible, finie ou infinie, sauf deux au plus.

Soit $f(z)$ une telle fonction ayant à l'origine O une singularité essentielle isolée dans le voisinage de laquelle elle est holomorphe, et γ une couronne limitée par deux cercles C_1 et C_2 de centre O, qui soit complètement intérieure au domaine d'holomorphie de $f(z)$ entourant l'origine. Si l'on pose alors $f_n(z)=f(z\sigma^n)$, $|\sigma|<1$, les valeurs prises par la fonction $f_n(z)$ dans γ sont celles prises par $f(z)$ dans la couronne $\gamma\sigma^n$ qu'on obtient en multipliant les affixes des points de γ par un nombre σ tel que $|\sigma|<1$.

D'après un résultat fondamental de Julia, cette famille $\mathcal{F}$ ne peut pas être normale dans γ.

On a tiré de ce fait beaucoup de conséquences, mais toutefois ce n'est pas tout ce que l'on peut désirer savoir sur cette question. Il y a lieu en effet de se demander aussi ce qui vá se passer lorsqu'on considère l'allure de $f(z)$ dans une suite de domaines $\omega_0\sigma^n$ où ω_0 soit un cercle intérieur à γ, mais ayant pour centre non plus un point z_0 où la famille des $f_n(z)$ n'est pas normale, mais au contraire un point z_0 où cette famille est normale.

C'est ainsi en effet que le problème en question pourra être utilement complété. Mais il faudra s'attacher dans ce cas à des conditions qui soient à la fois nécessaires et suffisantes pour la normalité de $\mathcal{F}$.

2. Nous avons démontré à ce sujet, tout d'abord, que :

A. *Condition nécessaire et suffisante pour qu'une famille $\mathcal{F}$ de fonctions $f(z)$ holomorphes à l'intérieur d'un domaine $\mathcal{D}$ où elles ne prennent pas une valeur exceptionnelle finie a soit, dans cet intérieur, normal est que de chaque suite* $S\equiv\{f_n(z)\}$ *d'éléments de $\mathcal{F}$, ou bien :* 1° *on puisse extraire une suite* $\{f_{n_p}(z)\}$ *uniformément convergente à l'intérieur de* D *vers la valeur exceptionnelle a ; ou bien* 2° *pour chaque domaine* D′ *complètement intérieur à* D *on puisse extraire une suite* $\{f_{n_p}(z)\}$ *qui, pour z dans* D′, *admet un même*

(¹) Séance du 1er avril 1935.

domaine de valeurs exceptionnelles contenant la valeur a à son intérieur [1].

Cela posé, soit $W = f(z)$ une fonction uniforme holomorphe admettant un point singulier essentiel isolé à l'origine O, dans le voisinage de laquelle elle admet une valeur exceptionnelle finie a; γ une couronne limitée par deux cercles C_1 et C_2 de centre O qui soit complètement intérieure au domaine d'holomorphie de $f(z)$ entourant l'origine; x_0 un point de γ où la famille de fonctions $f_n(z) = f(z\sigma^n)$, $|\sigma| < 1$, est normale; λ_0 un cercle centré au point x_0, complètement intérieur à γ et à l'intérieur duquel la famille $\mathcal{F} \equiv \{f_n(z)\}$ est normale; λ'_0 un cercle centré lui aussi au point x_0 et complètement intérieur à λ_0. On peut alors énoncer la proposition suivante :

B. *Toute suite* $\{\lambda_n\}$ *de cercles* $\lambda_n = \lambda_0\sigma^n$, $|\sigma| < 1$, *est telle que de chaque suite* $\{\lambda_{n_p}\}$ *de ces éléments on peut ou bien :* 1° *en extraire une suite* $\{\lambda_{n_{p_q}}\}$ *pour laquelle* ε *étant positif choisi d'avance, il existe un rang* q_0 *tel que pour* z *intérieur aux cercles* $\lambda_{n_{p_q}}$, $q > q_0$, *et d'ailleurs quelconque on a* $|f(z) - a| < \varepsilon$; *ou bien :* 2° *quel que soit* λ'_0 *complètement intérieur à* λ_0, *on peut en extraire une suite* $\{\lambda'_{n_{p_q}}\}$ *où* $\lambda'_{n_{p_q}} = \lambda'_0\sigma^{n_{p_q}}$ *telle que, pour* z *intérieur aux cercles* $\lambda'_{n_{p_q}}$, $f(z)$ *admet tout un domaine (du plan des* W*) de valeurs exceptionnelles contenant la valeur a à son intérieur*. En outre :

C. *Condition nécessaire et suffisante pour qu'un point* z *de* γ *soit un point* x_0, *c'est-à-dire pour qu'il n'appartienne pas à l'ensemble* J_σ *des points de Julia qui se rapporte à* $f(z)$ *et à un certain nombre* σ, $|\sigma| < 1$, *qu'on ait choisi, c'est qu'il existe un cercle* λ_0 *centré à ce point tel que, par rapport à la correspondante suite des cercles* $\lambda_n = \lambda_0\sigma^n$, *soient satisfaites les conditions* 1° et 2° *citées au précédent énoncé.*

Il est bon de remarquer que cette dernière proposition va caractériser d'une façon très nette, par rapport aux fonctions uniformes $f(z)$ qui dans

---

[1] J'ai démontré ce théorème directement et ne faisant appel qu'au principe d'accumulation des valeurs et au procédé diagonal de Cantor; on pourrait l'établir aussi en utilisant un critère d'existence pour une famille de fonctions d'une fonction limite constante, qui a été d'abord employée par M. Julia et explicitée ensuite par M. Valiron et M. Montel (voir VALIRON, *Familles normales et quasi normales de fonctions méromorphes* (*Mémorial de Sc. Math.*, n° 38, p. 18); en tout cas ce qu'il y a d'intéressant dans ce théorème, c'est le fait, comme il arrive pour le critère de normalité d'Ostrowski-Carathéodory [voir par exemple JULIA, *Notice sur les Travaux scientifiques*, Paris, 1933, p. 40, note (3)], d'avoir remarqué que les conditions énoncées sont des conditions *caractéristiques* c'est-à-dire, *nécessaires et suffisantes* pour la normalité de la famille de fonctions envisagée.

le voisinage d'un de leurs points singuliers essentiels isolés admettent une valeur exceptionnelle finie, tout point x_0 appartenant à l'ensemble $J_\sigma^{(c)}$ complémentaire de l'ensemble J_σ des points de Julia qui se rapporte à la fonction $f(z)$ envisagée et à la valeur σ qu'on a choisie.

Remarque. — On peut généraliser la question au cas dans lequel $f(z)$ n'admet aucune valeur exceptionnelle finie; on peut de même obtenir des théorèmes analogues à ceux de Schottky et Landau mais se rapportant à des fonctions admettant une seule valeur exceptionnelle finie.

CINÉMATIQUE. — *Sur un projet d'expérience concernant la cinématique classique et la cinématique relativiste.* Note (1) de M. **Alexandre Dufour.**

M. Langevin (2) a contesté la validité du dispositif que j'ai décrit antérieurement (3) et que j'ai présenté comme susceptible d'être utilisé pour trancher le différend qui sépare la cinématique classique de la cinématique relativiste.

Je voudrais opposer aux objections de M. Langevin les remarques suivantes :

1° Il ne faut pas perdre de vue que, dans l'étude des problèmes posés par ce dispositif expérimental, il y a lieu de tenir compte non seulement des conceptions du mécanicien classique et de celles du mécanicien relativiste, mais aussi des propriétés du monde réel matériel, puisque les deux théoriciens précédents, supposés solidaires du plateau de Sagnac D et entraînés par lui, sont censés réaliser effectivement l'expérience en utilisant tous deux un seul et même appareil.

2° Les objections faites par M. Langevin se rapportent au point de vue relativiste et font appel à la considération de la contraction de Lorentz.

Or, si les dents des roues RR′ paraissent subir la contraction de Lorentz pour l'observateur relativiste, il en est nécessairement de même pour les dents du pignon E qui sont en prise avec celles des roues RR′. C'est sur la contraction des dents du pignon que j'appelle ici plus particulièrement l'attention.

On peut d'ailleurs se demander si cette contraction de Lorentz est fictive ou réelle. Trois hypothèses seulement, *a*, *b*, *c*, sont possibles :

(1) Séance du 1er avril 1935.
(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1161.
(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 894.

a. La contraction est supposée fictive par les deux observateurs. Dans ce cas, ni l'un, ni l'autre n'ont le droit d'en faire état dans l'appréciation du fonctionnement réel du dispositif expérimental.

b. La contraction est considérée comme réelle par les deux observateurs. Alors tous deux doivent en tenir compte, mais comme ils travaillent avec le même appareil, elle est nécessairement la même pour eux deux et ne peut causer de désaccord entre eux.

c. La contraction est considérée comme fictive par l'un (le classique) et comme réelle par l'autre (le relativiste). Ce serait donc à ce dernier qu'incomberait en vérité le soin d'apporter une preuve expérimentale établissant le bien-fondé de sa conception. Le dispositif des figures 1 et 2, simplifié par la suppression des disques AA' devenus présentement inutiles, pourrait peut-être en fournir le moyen. L'expérience consisterait alors à observer les caractéristiques expérimentales du pignon E maintenu en rotation par le moteur M solidaire du disque D. Pour l'observateur relativiste qui admet l'existence des contractions et dilatations successives des dents du pignon E tournant, variations de forme dues à la contraction de Lorentz, la mise en rotation du disque D devra déterminer par exemple une élévation progressive de la température du pignon, tandis que pour l'observateur classique, pour lequel la contraction de Lorentz est fictive, la température du pignon ne devra pas dépendre de la rotation du disque D. En prolongeant suffisamment la durée de l'expérience, la différence attendue concernant la variation de la température pourrait devenir expérimentalement mesurable.

3° Enfin M. Langevin signale que l'entraînement des disques AA' à l'aide de galets roulant sans glissement et remplaçant les roues et pignons dentés des figures 1 et 2, assurerait au dispositif expérimental le sens théorique que lui enlève, à son avis, la commande par engrenages.

Je ferai remarquer que des galets roulant l'un sur l'autre sans glissement me paraissent assimilables à des roues dentées dont les dents, en nombre alors presque infini, seraient constituées par les molécules elles-mêmes, de sorte qu'on ne voit pas de différence essentielle entre les deux procédés. Si l'on admet en outre l'exactitude du point de vue de M. Langevin, on est ainsi conduit à prévoir que le résultat expérimental obtenu avec le dispositif complet des figures 1 et 2, devra, pour l'observateur relativiste, dépendre du nombre et par conséquent de la grosseur des dents des engrenages, tandis qu'il n'en sera pas de même pour l'observateur classique.

En résumé, le dispositif expérimental dont il s'agit ici, me paraît susceptible d'être utilisé pour trancher le différend entre les deux théories. Mais cela ne sera réalisable qu'à la condition de pouvoir disposer des moyens techniques et financiers nécessaires.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les tourbillons en festons.* Note de M. VICTOR VOLKOVISKI, présentée par M. Henri Villat.

La connaissance du phénomène de festons capillaires remonte à une époque très éloignée ([1]).

Les *larmes de vin fort* produites avec des mélanges d'alcool et d'eau sur la paroi d'un verre en constituent l'un des aspects le plus souvent observé.

C'est en 1899-1900 que M. H. Bénard, lors de ses premières recherches sur les tourbillons cellulaires, a photographié les festons obtenus en versant le spermaceti chauffé au-dessus de $+200°$ sur une soucoupe froide. Les expériences de M. Bénard ont été reprises en 1931 par M. Luntz, qui est arrivé à photographier un certain nombre de régimes d'écoulement en plongeant une plaque de verre épais dans le spermaceti chauffé jusqu'à 250°.

La circulation permanente dans chaque dent n'étant pas bien connue, nous avons effectué une série d'expériences afin d'éclairer cette question et d'étudier les conditions dans lesquelles se produit ce phénomène.

Pour cela, nous avons adopté le dispositif suivant : une cuve en fonte de 300×220^{mm} est partagée en deux parties; dans la première, un liquide convenablement choisi se trouve porté à une température pouvant varier de $+100°$ à $+300°$ environ; dans la deuxième, un dispositif de réfrigération permet de maintenir à température constante une plaque en cuivre, d'inclinaison variable, dont la partie inférieure est en contact avec le liquide chaud.

Lorsque la température augmente et atteint une certaine valeur, on constate qu'il s'établit sur la plaque et au-dessus de la surface libre du liquide une circulation permanente.

En faisant varier la température du liquide, toutes choses étant égales, on observe plusieurs régimes d'écoulement.

1° Pour l'huile de vaseline ou le spermaceti à $+120°$-$130°$, une mince pellicule de liquide s'élève de quelques millimètres sur la plaque de façon

([1]) Voir Lord KELVIN, *Popular lectures*, I, et *C. V.*, p. 38, BOYS *Soap Bubbles*.

que l'huile monte dans sa couche superficielle et redescend ensuite, en formant une deuxième couche au-dessous de la première (*fig.* 1).

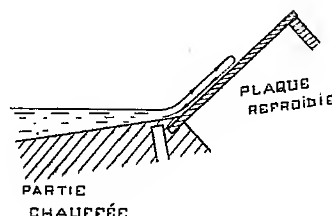


Fig. 1.

Les vitesses sont faibles et parallèles à la ligne de la plus grande pente; il existe une surface de discontinuité entre les deux couches superposées : ascendante et descendante.

2° A + 150°-180° l'équilibre est rompu; au niveau de la surface libre du liquide chauffé apparaissent des stries, véritables petites vagues, qui vont en s'atténuant vers le haut pour faire place à une zone terminale ou l'écoulement est de la forme 1° (*fig.* 2).

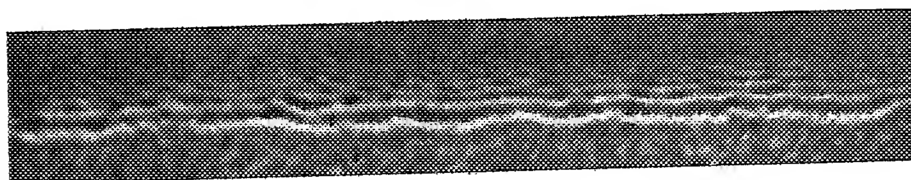


Fig. 2. — Spermaceti.

Dans la région perturbée, les vitesses sont plus grandes que celles de la partie supérieure; la surface de discontinuité n'est plus un plan parallèle à la paroi et les stries sont provoquées par les tourbillons qui s'amorcent dans la couche limite.

3° A + 210° commencent à se former les dents et à + 270°-280° on obtient le régime stable d'écoulement en festons, tous de largeurs approximativement identiques (*fig.* 3 et 4).

Décrivons la circulation au sein de chaque feston :

Le liquide animé d'une grande vitesse arrive au centre de chaque feston, monte sur le plan incliné jusqu'à une distance pouvant atteindre jusqu'à 2^{cm} et descend en s'accumulant le long des frontières latérales, qui présentent des surélévations par rapport à la partie centrale.

Les stries décrites plus haut se raccordent au bas des festons et affectent une forme sinusoïdale qui ondule sur la plaque.

On constate encore l'existence de deux couches à la partie la plus élevée de chaque dent, seulement, à la hauteur de la zone turbulente, la couche froide descendante est entraînée par le liquide chaud ascendant, animé d'une grande vitesse par rapport à celui qui descend. Il en résulte une accumulation du liquide refroidi de part et d'autre du centre.

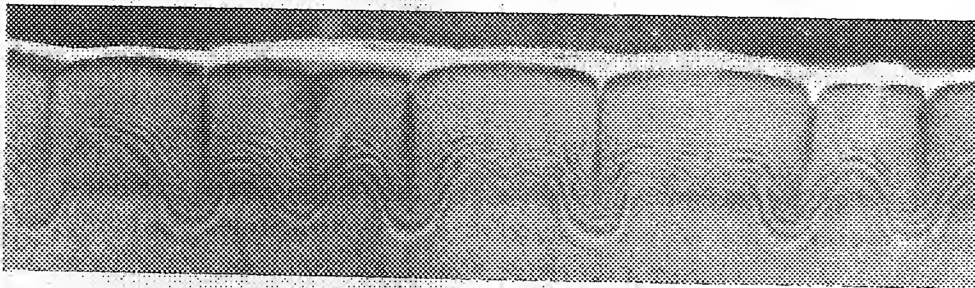


Fig. 3. — Spermaceti.

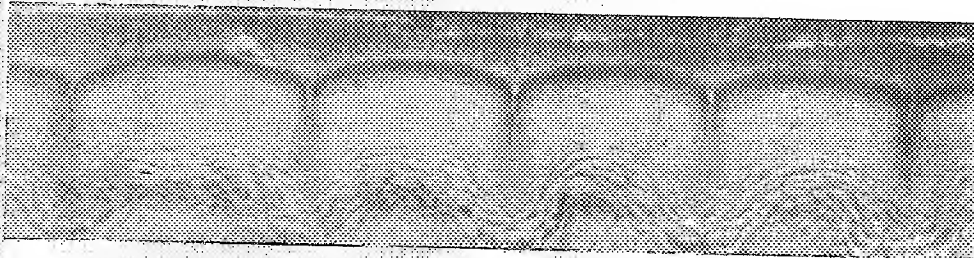


Fig. 4. — Huile de vaseline.

Les trois régimes décrits ci-dessus subsistent quelle que soit l'inclinaison de la plaque. En particulier, les dimensions transversales des festons diminuent lorsque la pente augmente, mais l'écoulement garde la même forme.

Remarquons que la tension superficielle semble jouer un rôle très important; en effet sa valeur varie du simple au double d'un bout à l'autre d'un même feston et ne saurait être sans influence sur le phénomène étudié.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur quelques propriétés de la solution générale d'un problème de MM. H. Villat et R. Thiry.* Note de M. CAÏUS JACOB, présentée par M. Henri Villat.

En étudiant le mouvement à la Helmholtz d'un courant liquide qui rencontre un obstacle anguleux concave, formé par deux lames AB, AC, faisant les angles $-\alpha-\delta$ et $\alpha-\delta$, $(\pi/2<\alpha<\pi, |\alpha\pm\delta|<\pi)$, avec la direction du courant à l'infini en amont, M. H. Villat [1] a montré qu'on pouvait construire deux solutions du problème, également acceptables du point de vue physique, l'une des solutions différant de l'autre par la présence d'une plage de liquide en repos devant l'obstacle. Ensuite, M. R. Thiry [2] a montré, en employant la méthode de Helmholtz-Kirchhoff, que le problème admet une infinité continue de solutions dont celles de M. H. Villat sont des cas limites.

Dans la présente Note, nous nous proposons d'indiquer quelques propriétés de la solution générale construite d'après les méthodes de MM. Levi-Cività et H. Villat. Ces propriétés nous permettent en même temps de donner une démonstration simplifiée du théorème de M. Villat sur la multiplicité des solutions.

Soit $\Omega(Z; a, q)=\Theta+i\mathrm{T}$ la fonction analytique de $Z=X+iY$, régulière dans la demi-couronne circulaire (D), de centre $Z=0$ et de rayons 1 et $q=e^{-\pi\omega_3/i\omega_1}$, $(\omega_1>0, \omega_3/i>0)$, définie par les conditions aux limites : $\Theta=-\alpha-\delta$ sur $Z=e^{i\varepsilon}$, $(0\leqq\varepsilon<s_0)$, $\Theta=\pi-\alpha-\delta$ sur $Z=e^{i\varepsilon}$, $(s_0<\varepsilon\leqq\pi)$, $\mathrm{T}=-a$ sur $-1\leqq Z\leqq -q$, $\Theta=\alpha-\delta$ sur $Z=qe^{i\varepsilon}$, $(0\leqq\varepsilon\leqq\pi)$, et $\mathrm{T}=0$ sur $q\leqq Z\leqq 1$, en posant $\pi s_0=\pi(\pi-2\alpha)-a\log q$, $0<s_0<\pi$; a est un nombre positif. La fonction $\Omega(Z; a, q)$ s'exprime aisément par des transcendantes elliptiques construites à partir des périodes $2\omega_1$, $2\omega_3$ [3]. La vitesse complexe du mouvement est donnée par $W=e^{-\Omega i}$.

Les conditions aux limites que vérifie la fonction $\Omega(Z; a, q)$ entraînent les propriétés suivantes :

1° Les vitesses sont physiquement acceptables, c'est-à-dire on a $\mathrm{T}\leqq 0$ dans (D). En effet, T ne saurait atteindre son maximum sur les portions $Z=e^{i\varepsilon}$, $(0<\varepsilon<s_0, s_0<\varepsilon<\pi)$, ou $Z=qe^{i\varepsilon}$, $(0<\varepsilon<\pi)$, de la frontière puisque prolongeable à travers par symétrie.

De plus, Θ atteint son minimum sur l'arc $Z=e^{i\varepsilon}(0<\varepsilon<s_0)$; on a

(1) H. VILLAT, *Annales de l'École Normale supérieure*, 50, 1914, p. 455-493; *Leçons sur l'Hydrodynamique* (Paris, 1929), p. 83-97.

(2) R. THIRY, *Annales de l'École Normale supérieure*, 36, 1921, p. 241-271.

(3) Les notations employées sont celles de M. Villat.

donc $dT/d\varepsilon < 0$ sur cette portion de la frontière; Θ étant maximum sur la demi-circonférence intérieure, on a $dT/d\varepsilon < 0$ pour $Z = qe^{i\varepsilon}(0 \leqq \varepsilon \leqq \pi)$. On a aussi $d\Theta/dX < 0$ sur le segment $q \leqq X \leqq 1$ de l'axe réel.

2° La fonction $Z\,d\Omega/dZ = U + iV$, régulière dans (D) et continue sur la frontière, sauf au point $Z = e^{is_0}$ où elle se comporte comme $ie^{is_0}/(Z - e^{is_0})$, vérifie la condition $V = 0$ sur la frontière. On a donc $V \leqq 0$ dans (D), comme on le constate par un raisonnement des plus simples. Il en résulte $d^2T/d\varepsilon^2 < 0$ sur $Z = e^{i\varepsilon}(0 \leqq \varepsilon \leqq \pi)$ et $[d(X\,d\Theta/dX)/dX] < 0$ sur $-1 \leqq X \leqq -q$; donc, la condition nécessaire et suffisante pour que $\Theta(X, 0)$ soit croissant sur le segment $-1 \leqq X \leqq -q$ est qu'on ait

$$\mathcal{F}(a, q) \equiv \left(\frac{d\Theta}{dn_i}\right)_{Z=-1} \geqq 0.$$

Nous obtenons ainsi la condition de validité de M. Villat.

3° Considérons la fonction $\partial\Omega/\partial a = \partial\Theta/\partial a + i\,\partial T/\partial a$, dérivée partielle de Ω par rapport au paramètre a pour Z fixe. On a $\partial\Theta/\partial a \leqq 0$ dans (D).

Pour établir cette propriété, il suffit de remarquer que la fonction $\partial\Omega/\partial a$, régulière dans (D), se comporte comme $e^{is_0}\log q/\pi(e^{is_0} - Z)$ au voisinage de $Z = e^{is_0}$ et que sur la frontière elle vérifie, à l'exclusion du point $Z = e^{is_0}$, les conditions $\partial\Theta/\partial a = 0$ sur $Z = e^{i\varepsilon}$, $Z = qe^{i\varepsilon}(0 \leqq \varepsilon \leqq \pi)$ et $\partial T/\partial a = -1$ sur $-1 \leqq Z \leqq -q$, $\partial T/\partial a = 0$ sur $q \leqq Z \leqq 1$.

4° La fonction $\partial\Omega/\partial q = \partial\Theta/\partial q + i\,\partial T/\partial q$, régulière dans (D), est telle qu'on ait $\partial\Theta/\partial q \geqq 0$ dans ce domaine.

En effet, $\partial\Omega/\partial q$ vérifie les conditions aux limites $\partial\Theta/\partial q = 0$ sur $Z = e^{i\varepsilon}$ $(0 \leqq \varepsilon \leqq \pi,\ \varepsilon \neq s_0)$, $\partial\Theta/\partial q = -d\Theta/dn_i > 0$ sur $Z = qe^{i\varepsilon}(0 \leqq \varepsilon \leqq \pi)$, $\partial T/\partial q = 0$ sur les portions $-1 \leqq X \leqq -q$, $q \leqq X \leqq 1$ de l'axe réel; au voisinage du point $Z = e^{is_0}$, elle se comporte comme $ae^{is_0}/q(e^{is_0} - Z)$.

Corollaires. — La fonction $\mathcal{F}(a, q)$ définie dans la région R, du plan (q, a), limitée par les courbes $a\log q + \pi(2\alpha - \pi) = 0$, $a\log q + 2\alpha\pi = 0$, $0 < q < 1$ y est continue ainsi que ses dérivées premières. Les résultats précédents (3° et 4°), entraînent $\partial\mathcal{F}/\partial a < 0$, $\partial\mathcal{F}/\partial q > 0$ dans (R). D'autre part, il est facile de montrer (en faisant varier s_0 entre 0 et π) que, pour q fixe, $\mathcal{F}(a, q)$ varie entre une quantité positive et $-\infty$ lorsque a croît de $-\pi(2\alpha - \pi)/\log q$ à $-2\alpha\pi/\log q$; donc, l'équation $\mathcal{F}(a, q) = 0$ admet une seule racine $a(q)$. Le théorème de M. Villat en résulte; de plus, on voit que la fonction $a(q)$ est croissante par rapport à q; sa courbe représentative sépare (R) en deux régions dont l'une correspond aux configurations non inflexionnelles de M. Villat et l'autre à celles inflexionnelles

de M. Thiry. On voit aussi qu'il existe un seul obstacle (à une homothétie près), tel que la vitesse ait une valeur donnée (comprise entre 0 et 1) sur la ligne de jet qui limite la plage de liquide en repos devant l'obstacle et tel que cette ligne de jet s'en détache avec une courbure nulle.

Le cas limite de M. Levi-Civitá s'obtient en faisant tendre le module des fonctions elliptiques vers $+\infty$, $(q \to 1)$; ce qui précède nous montre qu'on a $\lim a(q)_{q=1} = +\infty$. Les formules de M. Villat ne se prêtant pas immédiatement au passage à la limite indiqué, il est utile de faire la transformation préalable

$$\omega_1 \log Z = -\omega_3 \log Z' + i\pi\omega_3,$$

qui fait passer de la demi-couronne (D) à une autre (D'), de rayons 1 et q', avec $\log q . \log q' = \pi^2$.

Les méthodes précédentes sont susceptibles d'applications à d'autres problèmes de la théorie des sillages, notamment au cas d'un obstacle circulaire en fluide illimité ou dans un canal; elles permettent aussi d'étudier la variation des solutions de M. Odquist (*Arkiv för Mathematik Astronomi och Fysik*, 19 *a*, 30, 1925-1927) lorsque le module des fonctions elliptiques varie.

ASTROPHYSIQUE. — *Les électrons libres en astrophysique.* Note de M. **Henri Abraham**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. *L'effet Compton*. — La théorie Debye-Compton suppose que l'énergie des rayons X est transportée par des *photons* capables d'arracher les électrons périphériques des atomes, dans des chocs élastiques calculables par les lois de conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement.

On peut se demander si les mêmes principes ne pourraient pas être appliqués à la propagation de la lumière dans des milieux contenant des *électrons libres*. Il y aurait encore échange d'énergie entre les photons et les électrons, et la propagation de la lumière serait accompagnée d'une diminution de fréquence : le spectre serait déplacé vers les grandes longueurs d'ondes. Nous nous proposons d'examiner numériquement le rôle qu'un tel phénomène serait susceptible de jouer dans quelques questions d'astrophysique.

II. *L'effet de couronne*. — La couronne solaire semble être constituée par une atmosphère riche en électrons libres, et sa luminosité paraît due à la diffusion de la lumière du Soleil par ces électrons.

L'intensité lumineuse totale de la couronne, pendant une éclipse, est

évaluée à la fraction 7.10^{-7} de l'intensité lumineuse du Soleil lui-même. Mais cette évaluation est faite par défaut, puisque la lune masque la lumière diffusée longitudinalement et que nous ne recevons que la lumière diffusée transversalement, qui est spécifiquement plus faible. On ne doit pas être loin de la vérité en estimant plutôt la fraction de la lumière diffusée *dans toutes les directions* à environ 20.10^{-7}.

Cette perte d'énergie des photons doit être accompagnée d'une perte égale de fréquence. Il doit donc se produire pour la lumière du Soleil un déplacement des raies spectrales vers les grandes longueurs d'ondes de l'ordre de $\Delta\lambda/\lambda = 20.10^{-7}$.

Il est curieux de constater que ce nombre coïncide avec le déplacement de raies prévu dans l'une des théories d'Einstein pour l'influence du champ de gravitation du Soleil.

III. *L'effet de bord.* — L'effet produit par la couronne est plus intense vers les bords du Soleil, puisque l'épaisseur de l'atmosphère ionisée traversée par la lumière est plus grande dans cette région que pour le centre. L'ensemble des mesures indique en effet une nouvelle augmentation des longueurs d'ondes vers les bords, qui est de l'ordre de grandeur prévu.

IV. *Les étoiles et le terme* K. — Le même effet de couronne se présente aussi pour les étoiles, avec une intensité d'autant plus grande que leur atmosphère est plus riche en électrons. Les étoiles géantes chaudes (classe B) doivent donc présenter une récession apparente supérieure à celle du Soleil. Cet effet a été observé, c'est ce que l'on appelle le *terme K* dans les mesures de vitesse radiale des étoiles; il est de l'ordre de $4^{km},5$ par seconde, et s'explique par une action de leur couronne environ sept fois plus importante que pour le Soleil.

V. *L'Univers en expansion.* — On admet généralement que l'espace intergalactique n'est pas absolument vide de matière et que la densité peut valoir quelque 10^{-27}. Nous complétons cette hypothèse en disant que la matière est ionisée.

Dans ces conditions, le passage de la lumière agit sur les électrons libres, et l'on sait calculer l'énergie dissipée par leur agitation, en se référant à la théorie électromagnétique classique. On trouve ainsi, en unités C.G.S.M., que l'énergie W d'un train d'ondes varie en fonction de la distance R suivant la formule valable pour toutes les fréquences :

$$-\frac{1}{W}\frac{dW}{dR} = \frac{8}{3}\pi N \frac{e^4}{m^2},$$

où l'on désigne par e et m la charge et la masse de l'électron et par N le nombre moyen des électrons libres contenus dans l'unité de volume.

Conformément à l'hypothèse des photons quantiques, la fréquence de la lumière varie alors dans les mêmes proportions, et l'on doit observer à grande distance un déplacement général des raies spectrales vers les grandes longueurs d'ondes représenté par la formule

$$\lambda = \lambda_0 e^{\alpha R} \qquad \text{avec} \quad \alpha = \frac{8}{3}\pi N \frac{e^4}{m^2} = 6{,}6.10^{-25} N.$$

Ce déplacement des raies existe. Interprété comme un effet Doppler-Fizeau, il a pu être attribué légitimement à l'existence de vitesses radiales considérables des nébuleuses lointaines, conformément à certaines théories mathématiques d'un Univers en expansion. Mais nous voyons qu'on peut aussi le considérer comme résultant d'une altération des longueurs d'ondes optiques dans la traversée de la matière ionisée et ultrararéfiée des espaces astronomiques.

On rend compte numériquement de la récession apparente des nébuleuses lointaines en admettant que la teneur en électrons libres de l'espace intergalactique correspond à la valeur moyenne $N = 9.10^{-4}$, c'est-à-dire à environ un électron libre et un centre positif par litre, et cela conduit à admettre une densité de matière ionisée égale à $1{,}5.10^{-27}$ si les centres positifs sont de simples protons. Cette densité est assez faible pour n'apporter aucun trouble par dispersion dans la transmission de la lumière; et l'absorption correspondante n'atteint 7 pour 100 que pour les nébuleuses les plus éloignées, situées à 130 millions d'années de lumière.

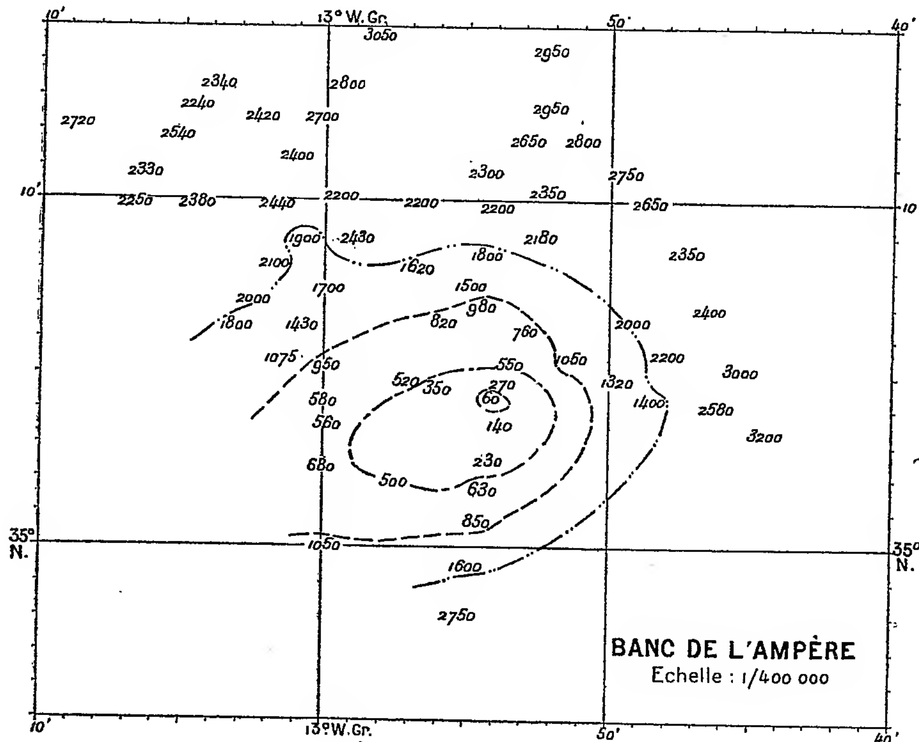
Notons encore que la loi exponentielle indiquée plus haut ne comporte plus la singularité des vitesses radiales supérieures à la vitesse de la lumière que l'on est contraint d'envisager dans les théories actuelles d'un Univers en expansion où l'on admet que la réaction des nébuleuses spirales est proportionnelle à leur distance.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la découverte d'un haut-fond remarquable entre Madère et le Portugal.* Note (1) de MM. **René Couderc** et **Jean Danton**, présentée par M. Eugène Fichot.

Le câble sous-marin reliant Brest à Casablanca, qui s'était rompu à une distance approximative de 275 milles dans l'Ouest-Nord-Ouest de ce

(1) Séance du 1er avril 1935.

dernier port, vient d'être réparé par le navire câblier *Ampère*. La mission confiée à ce navire comportait la détermination des profondeurs dans le voisinage de la position assignée à la rupture. Le Service des Câbles sous-



marins pensait en effet que l'accident avait pour origine l'existence dans cette région de fonds irréguliers constitués peut-être par les prolongements ignorés du banc de 660^m situé par 34°56′ de latitude Nord et par 11°58′ de longitude Ouest (Greenwich).

La mission confiée à M. Jean Danton, ingénieur du Service des Câbles sous-marins, a découvert, le 4 mars 1935, par 35°04′ de latitude Nord et par 12°54′ de longitude Ouest (Greenwich), près du point de rupture du câble, un nouveau banc très remarquable dont le sommet formé par un plateau de faibles dimensions est à 60^m au-dessous du niveau de la mer. Ce banc qui portera, sur les cartes marines, le nom de Banc de l'*Ampère*, est distinct du banc de 660^m et en est séparé par de grands fonds. Les profondeurs inférieures à 500^m s'étendent sur 6 milles marins de l'Est à l'Ouest et sur 3 milles marins du Nord au Sud. Autour du sommet, l'*Ampère* a

trouvé des sondes d'au moins 1500^m et de 3400^m au plus, à des distances de moins de 20 milles. D'après les anciennes sondes des cartes marines, le banc est entouré au Nord, à l'Ouest et au Sud par l'isobathe de 4000^m qui ne se ferme pas vers l'Est et le Nord-Est. Les dragages nécessités par la réparation du câble ont été arrêtés à plusieurs reprises, sur les pentes du banc, par la rencontre de fonds rocheux et la partie du câble détérioré, coincée dans des roches, n'a pas pu être relevée entièrement.

Des échantillons de roche et de sable remontés par les grappins, ne laissent subsister aucun doute sur l'existence du haut-fond qui paraît constitué de bancs rocheux disséminés sur un fond de vase sablonneuse. La position du banc est déterminée avec une grande précision, à la suite de 8 jours d'observations astronomiques.

Le Banc de l'*Ampère* se trouve dans une région de fonds particulièrement tourmentés et comprenant, outre le socle des îles Madère, Dézerta et Porto Santo, les Bancs de la Seine (148^m), de l'*Ampère* (60^m), Joséphine (150^m), Gorringe (42^m), ainsi que le banc de 660^m dont il a été question ci-dessus.

L'exploration a été faite dans les grandes profondeurs, avec le sondeur Marti à coups de fusil et dans les profondeurs moyennes avec le sondeur ultrasonore Langevin-Florisson à enregistreur Marti. Au cours de la croisière qui a eu pour résultat la découverte du banc de l'*Ampère*, des profondeurs de 1500^m ont été, dans les circonstances favorables, enregistrées avec netteté et régularité par le sondeur ultrasonore.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le caractère non adiabatique des variations de charge nucléaires*. Note de M. **L. Goldstein**, présentée par M. Louis de Broglie

On sait qu'actuellement on connaît deux sortes de variation de charge nucléaire : les variations spontanées ou radioactives et les variations provoquées. Dans l'étude expérimentale de ces processus nécessitant essentiellement la mesure de l'énergie des charges quittant le noyau ou arrivant sur lui, on a laissé de côté toujours le fait que les noyaux sont entourés d'électrons et que ce système électronique était susceptible de réagir sur les variations de charge nucléaire et de déformer quantitativement les déductions faites éventuellement à partir des données expérimentales. Si la précision actuellement atteinte dans les mesures justifie, en général, le fait d'avoir négligé la présence des électrons autour du noyau, il existe

cependant des cas où cette précision des mesures est suffisante pour exiger de tenir compte de la présence des électrons. C'est le cas des rayons α des corps radioactifs et des spectres α de Rosenblum. Nous voudrions montrer ici l'existence d'un effet du changement de charge nucléaire sur les électrons de l'atome ou, ce qui revient au même, le caractère non adiabatique de cette variation de charge.

Considérons un atome de numéro atomique Z dont le noyau de charge Ze, e désignant le quantum de la charge électrique, se désintègre par émission d'une charge ze, z étant un entier positif ou négatif. Nous raisonnons ici sur un processus radioactif; en réalité le raisonnement s'étend automatiquement au cas où une charge venant de l'extérieur arrive sur le noyau et y pénètre, conformément à l'interprétation admise actuellement. Si le processus débute à l'instant t_0, on supposera qu'à l'instant $t_0 + T$ le noyau initial de charge Ze est devenu un noyau de charge $(Z - z)e$. Du point de vue du système électronique de l'atome, la charge ze pourra être considérée comme détachée du noyau initial lorsque la distance séparant ces charges aura atteint l'ordre de grandeur de la plus petite distance associée à l'atome, le rayon $r(Z, K)$ de la couche électronique K de l'atome initial. Si ε désigne un nombre positif $\leqq 1$, alors la durée T de la variation de charge nucléaire pourrait être définie par

$$(1) \qquad T \sim \frac{\varepsilon . r(Z, K)}{v}.$$

où v est la vitesse initiale, définie uniquement par la transformation nucléaire, de la charge émise. Pour décider du caractère de la perturbation du système électronique due à la variation de charge du noyau, on doit comparer la variation de charge durant le temps T, donc le rapport $|z| e/T$ au rapport de la charge initiale Ze à la durée atomique susceptible d'être associée à la réaction de l'atome sur la perturbation. Cette durée atomique n'est autre chose que la période de la transition correspondant au passage du système de l'état fondamental de l'atome initial vers le même état de l'atome ou ion n° $(Z - z)$. Désignant par τ cette durée, on a

$$(2) \qquad \tau = \frac{h}{|E(Z) - E(Z - z)|},$$

où E(N) désigne l'énergie nécessaire pour ioniser entièrement l'atome de numéro atomique N. Les données empiriques actuellement disponibles sur les termes électroniques indiquent que

$$(3) \qquad \tau \lesssim \frac{\tau_K}{3} = \frac{h}{|E(Z, K) - E(Z - z, K)|},$$

où E(N, K) représente l'énergie de la couche électronique K de l'atome n° N. On sait alors que la perturbation considérée peut être prise comme adiabatique lorsque la condition

$$(4) \qquad \frac{3ZT}{|z|\tau_K} \gg 1$$

est satisfaite. Il est clair que le premier membre de l'inégalité précédente doit représenter un grand nombre et il semble justifié de dire qu'il doit être de l'ordre de 100 pour que la perturbation envisagée soit adiabatique. Or, il est facile d'évaluer le premier membre de (4), tenant compte des expressions bien connues de $r(Z, K)$ et de E(N, K). On trouve, prenant en (1) ε égal à l'unité,

$$(5) \qquad 3\frac{Z}{|z|}\frac{T}{\tau_k} \sim 3\frac{Ze^2}{h\nu}\left(1-\frac{z}{2Z}\right),$$

et, négligeant z devant 2Z, ce qui est toujours permis comme on peut le vérifier, la condition (4) devient

$$(6) \qquad \frac{Z}{137}\frac{c}{2\nu} \gg 1.$$

En se plaçant dans le cas le plus favorable pour que (6) soit satisfait, il se trouve que le premier membre de l'inégalité précédente est au plus de l'ordre de 10. Il en résulte que les variations de charge nucléaires actuellement connues présentent pour le système électronique entourant le noyau une perturbation non adiabatique provoquant par conséquent la transition du système depuis l'état fondamental de l'atome n° Z vers le même état de l'atome n° $(Z-z)$. Il est clair que cet effet de transition est d'autant plus important que l'atome est plus lourd. L'étude théorique de cet effet est en cours.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les propriétés de l'espace $\Psi_{(2\omega)}$ et leurs applications.* Note de Mlle **Marie-Antoinette Baudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Pour décrire l'état d'un système, nous pouvons suivre l'évolution d'un point $M(\ldots y_r \ldots)$ dans l'espace (ψ) ou, ce qui revient au même, étudier le mouvement de $\mathcal{M}(\ldots y_2 \ldots y_r^* \ldots)$ dans l'extension en phase de M : $\Psi_{(2\omega)} = (\psi) \times (\psi^*)$, $\Psi_{(2\omega)}$ sera défini comme un espace de Hilbert linéaire, séparable, complet, et nous adopterons comme définition du

produit scalaire

$$(f.g)=\int \frac{f^*g+fg^*}{2}\,d\tau,$$

ce qui conduit à l'expression de la *distance* entre deux couples d'éléments (AA^*) et (BB^*)

$$(AA^*, BB^*)^2=\frac{(A, B)^2+(A^*, B^*)^2}{2},$$

analogue à celle proposée par M. Fréchet (¹).

Le point $\mathfrak{M}$ est assujetti à la condition

$$N(\ldots y_2 \ldots y_r^* \ldots)=\sum_r y_r y_r^*=1,$$

c'est-à-dire à rester sur la sphère de rayon 1 à $2\omega-1$ dimensions. Quand le système se modifie, la trajectoire de $\mathfrak{M}$ est une section à une dimension de la sphère par les $2\omega-2$ hypersurfaces représentant les intégrales des équations canoniques.

2. *Application.* — Supposons que les données sur le système représenté par $\mathfrak{M}(\ldots y_r \ldots y_r^* \ldots)$ soient insuffisantes pour lui attribuer un état défini. Nous pourrons l'étudier statistiquement en introduisant un ensemble de Gibbs et nous obtiendrons un nuage de points $\mathfrak{M}$ dans $\Psi_{(2\omega)}$.

L'élément d'extension en phase de $\mathfrak{M}$ occupe dans $\Psi_{(2\omega)}$ une région $d\mathcal{V}$ de mesure invariable. Deux points $\mathfrak{M}_i(\ldots y_{ir} \ldots y_{ir}^* \ldots)$ et $\mathfrak{M}_j(\ldots y_{jr} \ldots y_{jr}^* \ldots)$ de $d\mathcal{V}_0$ sont en $\mathfrak{M}'_i(\ldots Y_{ir} \ldots Y_{ir}^* \ldots)$ et en $\mathfrak{M}'_j(\ldots Y_{jr} \ldots Y_{jr}^* \ldots)$ au bout du temps dt,

$$Y_{ir}=y_{ir}+y'_{ir}\,dt=y_{ir}+\frac{2\pi i}{h}\sum_l k_{rl}y_{il}, \qquad Y_{ir}^*=y_{ir}^*-\frac{2\pi i}{h}\sum_l k_{lr}y_{il}^*.$$

Si dl_{ij} et dL_{ij} sont des longueurs respectives des cordes joignant $\mathfrak{M}_i\mathfrak{M}_j$ et $\mathfrak{M}'_i\mathfrak{M}'_j$, on constate en les calculant dans $\Psi_{(2\omega)}$ d'après l'expression précédemment adoptée : $dl_{ij}\neq dL_{ij}$. La distance des deux points voisins $\mathfrak{M}$ et $\mathfrak{M}_j$ de $d\mathcal{V}_0$ varie au cours du temps. Reprenant un raisonnement de Gibbs (²) nous pouvons dire que les points qui à t_0 sont dans $d\mathcal{V}_0$ occuperont à t une extension $d\mathcal{V}=d\mathcal{V}_0$, mais ils seront distribués parmi un grand nombre d'éléments $d\mathcal{V}$.

Si nous pouvons décrire l'état du système par un seul point $\mathfrak{M}$, il est sur

(¹) M. Fréchet, *Espaces abstraits*, p. 108.

(²) *Princ. élém. de Méc. statistique*, p. 140.

la sphère. La condition $\sum_r Y_{ir} Y^*_{ir} = \sum_r y_{ir} y^*_{ir} = 1$ remplace

$$\sum_{ir} Y_{ir} Y^*_{ir} = \sum_{ir} y_{ir} y^*_{ir} = 1$$

que devait remplir l'ensemble de Gibbs. Il en résulte : $dL_{ij} = dl_{ij}$ et, sur la sphère, pour les géodésiques correspondantes : $d\mathcal{G}_{ij} = dg_{ij}$. La distance de deux points $\mathfrak{M}_i$ et $\mathfrak{M}_j$ de dS_0 reste invariable. *L'élément* dS *se déplace sur la sphère sans se déformer, à la manière d'un corps solide.*

D'après l'expression de la distance adoptée pour $\Psi_{(2\omega)}$ si nous considérons pour S systèmes, représentés par S points $\mathfrak{M}$, les éléments

$$\rho_{mn} = S^{-1} \Sigma_s y^*_m y_n$$

de la matrice hermitique $\|\rho_{mn}\|$ définie par Neumann [1], les expressions $\Sigma_s y^*_m y_m$ et $\Sigma_s y^*_m y_n + y_m y^*_n / 2$ représentent encore les *moments d'inertie* et les produits d'inertie du nuage de points relatifs aux hyperplans $y_m = 0, y_n = 0$.

3. *Action d'une perturbation extérieure.* — Soit à t_1 un potentiel perturbateur. Son action modifie l'opérateur L défini par Fock [2], les K_{rs} deviennent K^1_{rs} et l'hamiltonien F se change en F^1. Sur la sphère $N(\ldots y_r \ldots y^*_r \ldots)$ les trajectoires relatives au point $\mathfrak{M}$ varient. A t_1 et à l'instant τ de la perturbation les fonctions d'ondes ψ_1 et ψ'_2 caractérisant le système sont représentées par $\mathfrak{M}_1(\ldots y_r \ldots y^*_r \ldots)$ et $\mathfrak{M}'_2(\ldots Y^1_r \ldots Y^{*1}_r \ldots)$ sur la sphère. Sans perturbation, la fonction d'onde aurait été représentée par $\mathfrak{M}_2(\ldots Y_r \ldots Y^*_r \ldots)$ à l'instant τ,

$$Y_r = y_r + y'_r\,dt = y_r + \frac{2\pi i}{h} \sum_l K_{rl} y_l\,dt, \qquad Y^1_r = y_r + \frac{2\pi i}{h} \sum_l K^1_{rl} y_l\,dt.$$

Supposons la variation de l'énergie perturbatrice assez lente pour que son développement en série en fonction du temps soit limité aux termes du premier ordre. Il en résulte que, si dl est la longueur de la corde $\mathfrak{M}_2\mathfrak{M}'_2$ dans $\Psi_{(2\omega)}$,

$$(1) \qquad dl^2 = \sum_r Y_r Y^*_r + Y^1_r Y^{*1}_r - (Y^*_r Y^1_r + Y_r Y^{*1}_r) = \Delta y'_r \, \Delta v^{*\prime}_r \, dt^2.$$

A un instant donné l'état ψ'_2 du système correspondant à $F^1(\tau)$ est sensi-

(1) *Gött. Nach.*, 1937, p. 245.
(2) Fock, *Zeits. f. Phys.*, 49, 1928, p. 339.

blement le même que l'état ψ_2 relatif à $F(\tau)$ pourvu que la transformation qui change F en F' soit assez lente. En particulier, les valeurs et fonctions propres relatives à l'énergie E'_k et ψ'_k du système perturbé s'écartent peu de E_k et ψ_k. En se bornant au premier ordre,

$$\psi'_k = \psi_k + a_k\,dt = \psi_k + \sum_{lk} a_{kl}\psi_l\,dt, \qquad \psi'_2 = \sum_k c'_k \psi'_k.$$

Si le système non perturbé forme un cas pur, l'énergie $\psi_2 = c_k\psi_k$. L'expression de l^2 en fonction de c_k et des c'_k jointe à la condition (1) entraîne

$$|c'_l| = 0, \qquad |c'_k| = |c_k| = 1.$$

La probabilité de transition d'un état k à un état l est nulle au cours d'une transformation adiabatique.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Formation et structure de couches mono ou bimoléculaires de corps gras sur les surfaces métalliques.* Note de MM. **Jean-J. Trillat** et **Hans Motz**, présentée par M. Maurice de Broglie.

On connaît depuis longtemps les remarquables propriétés d'expansion et d'orientation de certains corps gras à la surface de l'eau (Devaux, Langmuir, Adam, Harkins, Marcelin) et des métaux (Woog); jusqu'ici il n'avait pas été possible d'étudier directement la structure de ces couches mono ou bimoléculaires autrement que par des procédés indirects, comme celui de la balance superficielle. La spectrographie par les rayons X a apporté des renseignements nouveaux et précis, mais qui concernent seulement les couches d'une épaisseur beaucoup plus grande (Muller et Shearer, Trillat, Piper).

Nous avons cherché s'il était possible de suivre la formation de couches très minces (par exemple mono ou bimoléculaires) de composés aliphatiques divers, en utilisant l'analyse électronique, beaucoup plus sensible que les rayons X.

Pour cela nous avons utilisé des solutions très diluées de divers composés organiques (carbures paraffiniques, acides gras, alcools gras, diacides, cires, triglycérides, etc.) dans des solvants volatils (éther, benzine); la concentration était calculée pour qu'une seule goutte de la solution, après étalement sur un film métallique de surface connue servant de support, donnât lieu après évaporation à une couche mono ou bimoléculaire. Il est nécessaire d'utiliser comme support un film métallique qui ne

soit pas attaqué ou altéré par les composés examinés ; nous avons choisi des feuilles d'or, obtenues par battage, puis amincies au moyen d'une solution de KCN jusqu'à une épaisseur de l'ordre de 50 à $80^{\mu\mu}$. Le film d'or, revêtu sur un côté d'une couche de corps gras, est ensuite disposé perpendiculairement au trajet d'un très fin pinceau d'électrons monocinétiques (40000 volts).

Dans ces conditions, il apparaît sur les clichés, outre le diagramme électronique de l'or, des anneaux ou des taches de diffraction régulièrement réparties dont l'origine est due à la présence de la couche mono ou bimoléculaire du corps gras. Ces anneaux ou ces taches ont parfois une intensité considérable, surtout après un certain temps de vieillissement ; leur présence permet de conclure que ces couches sont formées de molécules orientées normalement au support métallique et disposées parallèlement les unes aux autres d'une façon parfaitement régulière.

Les diagrammes électroniques sont identiques pour les paraffines, les acides gras solides, les alcools gras solides et les cires : ceci prouve que, perpendiculairement à leur longueur, la disposition des molécules est la même. La raison en est que les conditions d'assemblage latéral de chaînes carbonées linéaires, constituées dans tous ces cas d'atomes de carbone disposés en zigzags réguliers (J. J. Trillat, *Thèse*, Paris 1926), sont définies par les forces de Van der Waals, qui ne dépendent que de la structure des chaînes et seulement pour une très faible part du groupe terminal de la molécule. On explique ainsi pourquoi la section droite des cristaux de carbures saturés, acides gras, cires, etc., est la même quelle que soit la série considérée. Dans le cas des rayons X, ce sont principalement les groupes terminaux de la molécule qui interviennent dans la diffraction, la structure de la chaîne ne jouant qu'un rôle secondaire dans la répartition des intensités ; dans le cas des électrons, au contraire, ce sont les atomes de carbone de la chaîne qui jouent le rôle principal, comme le montre un calcul qui sera développé dans un autre Recueil ; ceci explique que l'on puisse obtenir de très bonnes diffractions électroniques même avec des assemblages constitués de molécules orientées de longueurs diverses (paraffine ordinaire, cire d'abeille).

Dans le cas des diacides saturés, aucun diagramme électronique n'apparaît. Les molécules qui comportent deux groupes actifs (COOH) sont alors orientées *à plat* sur le support, au lieu de lui être normales.

Ces expériences permettent de suivre d'une façon précise et en fonction du temps la formation, l'évolution et la cristallisation de films organiques extraordinairement minces, et invisibles par tout autre procédé.

Impuretés accidentelles sur les surfaces métalliques. — Nos recherches nous ont montré que de tels films gras étaient susceptibles de se former spontanément sur les surfaces les plus diverses. Nous avons ainsi examiné de nombreux films métalliques, conservés depuis plusieurs mois, et qui examinés autrefois au moyen de l'analyse électronique, n'avaient donné que le diagramme habituel du métal pur. Tous ces films (Ag, Au, Pt, Al), examinés à nouveau, ont fourni, dans les mêmes conditions expérimentales, des diagrammes où à côté du diagramme du métal, apparaissent des anneaux ou des points régulièrement répartis qui n'appartiennent pas au réseau métallique. Ces anneaux ou points *sont identiquement les mêmes que ceux obtenus en formant artificiellement* des films gras à la surface de supports métalliques absolument propres. Il faut donc admettre qu'un film gras s'est formé et étendu à la longue; le mécanisme de l'orientation moléculaire et la présence de longues chaînes du type aliphatique suffisent à expliquer l'identité des diagrammes. La présence d'une telle couche est de nature à modifier considérablement les propriétés superficielles du métal (adsorption, catalyse, adhérence, etc.).

L'origine de ces films demeure incertaine; elle peut être attribuée au contact des doigts ou à la présence de corps gras plus ou moins volatils. De tels phénomènes, qui donnent parfois lieu à des diffractions électroniques intenses, et qui ont été observés dans de nombreux laboratoires, peuvent prêter parfois à de graves confusions, notamment en ce qui concerne l'identification de structures nouvelles, la présence de réflexions « interdites », etc. C'est pourquoi, outre l'intérêt qui s'attache à la formation et à la structure de couches réalisées synthétiquement, il nous a paru utile de signaler aussi l'existence de couches semblables qui apparaissent toujours spontanément après un temps plus ou moins long, à moins d'employer des précautions extrêmement minutieuses semblables à celles qui sont d'usage dans les laboratoires de biologie.

ONDES HERTZIENNES. — *Propagation des ondes électriques dans le champ magnétique terrestre.* Note de MM. **Théodore Ionescu** et **Constantin Mihul**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons exposé sommairement [1] la théorie de la propagation des ondes électriques dans l'ionosphère, déduite de l'hypothèse d'après laquelle

[1] *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1301 et 1389; voir aussi 199, 1934, p. 1693.

en tout point de l'atmosphère, l'intervalle de temps $\mathfrak{T}$ entre deux chocs consécutifs d'un électron contre les molécules du gaz est le même pour tous les électrons. Nous n'avions pas tenu compte de l'influence du champ magnétique terrestre, influence qui se manifeste par le dédoublement des échos ionosphériques. En utilisant les résultats expérimentaux publiés dans les périodiques, on peut tirer, au sujet de cet effet, les conclusions générales suivantes : *a*, *le champ magnétique ne donne que deux composantes; b, ce dédoublement est plus ample aux grandes latitudes que dans la zone tropicale;* *c*, d'une façon générale, *les deux composantes ont le caractère d'ondes polarisées circulairement de sens opposés*. Nous en avons conclu que nous sommes en présence de l'effet Faraday dû à l'action de la composante verticale du champ terrestre, la séparation complète des deux composantes circulaires étant principalement due au fait que leurs vitesses de groupe sont grandement différentes, surtout près des hauteurs où $\mathfrak{T}$ est un multiple entier de la période T. En appliquant notre hypothèse au calcul de la constante diélectrique ε et de la conductibilité σ pour les deux composantes circulaires, droite (+) et gauche (—), nous avons obtenu

$$\varepsilon\pm = 1 - \frac{4\pi N e^2}{m\omega(\omega\pm h)}\left[1 - \frac{\sin(\omega\pm h)\mathfrak{T}}{(\omega\pm h)\mathfrak{T}}\right]$$

et

$$\sigma\pm = \frac{N e^2}{m(\omega\pm h)^2}[1-\cos(\omega\pm h)\mathfrak{T}]\frac{1}{\mathfrak{T}},$$

ou $h = e/m.\mathrm{H}$ [1]. Ces formules nous permettent de construire les courbes représentant les hauteurs apparentes de réflexion pour les deux composantes. On obtient ainsi deux courbes semblables à celle que nous avons publiée dans notre première Note. Les sauts ont lieu aux endroits où sont satisfaites les relations $(\omega_1 + h)\mathfrak{T}_1 = l.2\pi$ et $4\pi N_1 e^2/m\omega_1(\omega_1 + h) = 1$ pour la composante droite et $-(\omega_2 - h)\mathfrak{T}_2 = l.2\pi$ et $4\pi N_2 e^2/m\omega_2(\omega_2 - h) = 1$ pour la composante gauche. Les sauts du même ordre l sont ainsi déplacés, par rapport au lieu occupé en l'absence du champ, pour la première courbe vers les grandes ondes, et pour la seconde, vers les petites. Dans la région tropicale où la composante verticale du champ est petite, ε_+ et σ_+ diffèrent peu de ε_- et σ_- de sorte que la séparation complète des deux composantes n'a lieu qu'au voisinage immédiat des sauts, où la vitesse du groupe est très éloignée de la vitesse de la lumière dans le vide et varie rapidement

(1) La méthode de calcul employée est celle que nous avons suivie dans le cas ou il n'y avait pas de champ magnétique (*Journal de Physique*, 6, 1935, p. 35).

avec la fréquence. C'est justement le caractère des courbes obtenues par Berkner et Wells, à Huancayo, au Pérou [1]. Aux latitudes plus grandes, les constantes qui caractérisent les deux composantes diffèrent beaucoup plus, de sorte que la séparation des deux courbes devient complète. D'où le caractère tout différent que présentent les courbes qu'Appleton a obtenues en Angleterre [2].

En représentant la variation de la densité électronique dans l'ionosphère par la fonction $N = C\mathfrak{T}^p$ — ce qu'on peut admettre pour le petit domaine de longueurs d'onde comprenant les deux sauts du même ordre — on a en première approximation $H = m/e.(p+2)/(2p+2).(\omega_2 - \omega_1)$. A l'aide de cette formule nous avons calculé, à partir de la séparation des sauts observée à Huancayo, l'intensité qu'a dans cette région, à l'altitude de l'ionosphère, la composante verticale du champ magnétique. Nous avons obtenu ainsi une valeur comprise entre 0,1 et 0,07 gauss, valeur assez plausible si l'on tient compte de la position géographique du lieu d'observation.

Ainsi notre hypothèse permet d'expliquer, d'une façon complète, par l'effet Faraday, les résultats des observations faites sur l'influence du champ magnétique sans qu'on soit obligé de recourir à l'hypothèse d'après laquelle l'ionosphère serait composée de plusieurs couches ionisées.

ÉLECTRICITÉ. — *Conductivité unipolaire intérieure de certains cristaux.* Note de M. **Romolo Deaglio**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les cristaux ayant des axes polaires ont une symétrie s'accordant avec l'existence d'une conductivité électrique unipolaire, c'est-à-dire différente dans les deux directions opposées de l'axe polaire. Cette conductivité unipolaire intérieure (ou de volume) ne doit pas être confondue avec les phénomènes bien connus de conductivité unipolaire de contact (redresseurs à cristaux; redresseurs à couche de barrage).

J'ai fait des essais sur de très beaux cristaux de *carborundum* (*fig.* 1) dans lesquels Z est un axe polaire de symétrie ternaire; les cristaux se terminent aux deux extrémités de l'axe Z par une face spéculaire normale à Z d'un côté et par une pyramide très aplatie et en trémie de l'autre côté.

---

(1) *Terrestr. Magn. and Atm. Electr.*, 39, 1934, p. 215.
(2) *Proc. Phys. Soc.*, 45, 1933, p. 673.

Il suffit de travailler à la meule cette pyramide pour obtenir des lames de *carborundum* plan-parallèles.

Sur ces lames j'ai fait les expériences suivantes :

I. Lames ayant la face A B (*fig.* 2) travaillée à la meule; la face C D est la face naturelle; *mm* et *nn* sont deux électrodes d'or obtenues par projection cathodique.

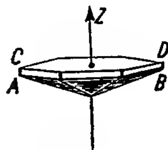


Fig. 1.

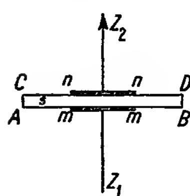


Fig. 2.

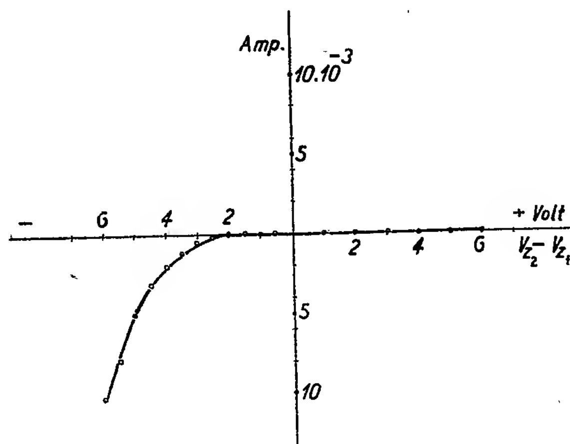


Fig. 3.

Les résultats obtenus sur une de ces lames (surface des électrodes à peu près 3^{mm^2}, épaisseur $s = 0^{mm},21$) sont réunis dans la courbe de la figure 3 donnant l'intensité I du courant en fonction de la tension appliquée $V = V_{z_2} - V_{z_1}$. Le redressement est exceptionnel : sous une tension de ± 6 volts la résistance V/I a pour valeur environ 600 ohms dans la direction ($z_1 \rightarrow z_2$) et s'élève jusqu'à environ 600000 ohms dans la direction opposée. Le rapport R_1/R_2 est environ 1000.

Les mêmes résultats ont été obtenus sur d'autres cellules à carborundum préparées de la même façon. Mais le pouvoir redresseur R_1/R_2 sous une tension de ± 6 volts ne surpasse pas en général la valeur 4.

On n'a observé aucune trace de polarisation électrolytique. On a observé un effet photoélectrique de couche de barrage. Il semble donc certain que ces cellules présentent une conductivité unipolaire de couche de barrage.

II. Lames dans lesquelles la face CD aussi bien que la face AB ont été également travaillées à la meule. Les électrodes sont obtenues comme précédemment. Les résultats des mesures sur une de ces lames (électrodes 3^{mm^2}, épaisseur $0,389^{mm}$) sont réunis dans la courbe (donnant I en

fonction de V_1) de la figure 4. Sous une tension de ±6 volts on a à peu près pour R_1 2000 ohms et pour R_2 3000 ohms.

On n'a observé ni polarisation électrolytique, ni effet photoélectrique de couche de barrage, ni effet Dember, ni effet photoélectrique intérieur.

En changeant les électrodes sur cette lame cristalline, en les faisant en platine ou en or, on obtient à 10 pour 100 près les mêmes résultats.

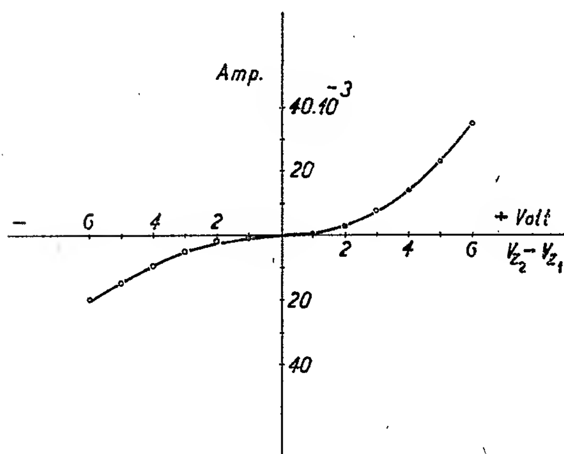


Fig. 4.

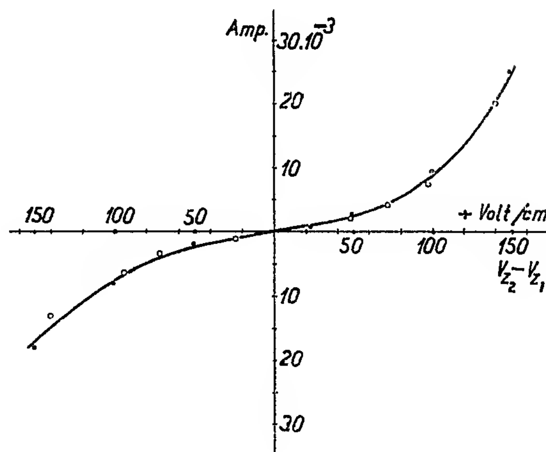


Fig. 5.

Dans tous ces cas le rapport R_1/R_2 est inférieur à l'unité, c'est-à-dire que la direction de plus forte conductivité est la direction $Z_2 \rightarrow Z_1$, tandis que, dans le cas I, la direction de plus grande conductivité était $Z_1 \rightarrow Z_2$.

III. La petite influence de la nature des électrodes, l'inexistence d'un effet photoélectrique de couche de barrage sont déjà des arguments contre une localisation superficielle de l'unipolarité observée dans ces cristaux. Mais l'argument décisif est fourni par l'expérience suivante : Un cristal a été préparé comme pour l'expérience II. Les électrodes en or couvraient presque toute la surface des deux faces opposées AB, CD. La surface des électrodes atteignait à peu près 20^{mm^2}. L'épaisseur s était $0^{mm},415$. La courbe donnant I en fonction du champ électrique V/S dans le cristal, est donnée dans la figure 5 (les points figuratifs sont de petites circonférences). Le même cristal a été réduit par meulage à une épaisseur de $0^{mm},200$. On a refait les deux électrodes en or avec les mêmes dimensions et au même endroit qu'auparavant; la figure 5 montre que les points (noirs) représentant ces nouvelles mesures se placent sur la même courbe.

Il faut donc conclure que la conductivité du carborundum, que l'on peut déduire de la courbe asymétrique de la figure 5, est une *conductivité de volume*, qui n'est pas la même dans les deux sens suivant l'axe polaire.

Remarques sur la Note précédente de M. DEAGLIO, par M. **A. COTTON.**

J'avais reçu la Note précédente de M. Deaglio lorsque le numéro de mars 1935 de l'*Indian Journal of Physics* est arrivé en France. Il contient (page 255) un article de S. R. Khastgir et Das Gupta où se trouvent décrites des expériences sur la conductibilité unipolaire *de volume* du carborundum, de la zincite et du silicium. Je crois devoir présenter néanmoins le travail de M. Deaglio parce que les physiciens hindous indiquaient eux-mêmes qu'ils n'avaient pas encore fait, à ce sujet, les expériences *vraiment cruciales*. L'expérience où M. Deaglio modifie systématiquement l'épaisseur du cristal et qui paraît bien fournir la preuve cherchée n'avait pas été faite par eux.

ÉLECTRICITÉ. — *Considérations sur le dégagement d'électricité par torsion du quartz et sur le phénomène réciproque.* Note de M. **EDGAR PIERRE TAWIL**, présentée par M. Charles Fabry.

Un cylindre creux de quartz muni d'armatures circulaires, l'une extérieure, l'autre intérieure, reliées à un générateur d'oscillations électriques de fréquence réglable, vibrera en résonance avec le circuit excitateur à des fréquences déterminées par les vibrations propres du cristal, vibration de torsion et vibrations longitudinales, celles-ci résultant de contractions et de dilatations le long des axes électriques ou dans des directions normales à ces axes. De ces vibrations nous en distinguerons deux qui nous intéressent ici et que le mode d'excitation électrique utilisé doit provoquer; une de torsion et une autre nettement piézoélectrique reproduisant, en vertu du phénomène réciproque, la déformation en trilobe dont j'ai parlé dans ma dernière Note [1].

Si toutefois la vibration de torsion a une origine piézoélectrique, cette distinction ne saurait exister puisque la torsion devra nécessairement être

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1088.

accompagnée de dilatations et de contractions des axes piézoélectriques. C'est ce que j'ai cherché à déterminer expérimentalement, tant en comparant les fréquences de résonance mesurées à celles prévues par le calcul, qu'en examinant la nature des vibrations à l'aide de procédés divers tels que les figures de Kundt, ou la déviation d'un spot lumineux. J'ai eu recours également à un procédé que je crois nouveau et qui m'a été d'une grande utilité. Il consiste à examiner les déplacements que subit une mince pellicule liquide, pétrole ou huile, étendue sur la surface latérale du cristal de préférence dépolie. La réflexion d'une source lumineuse sur cette pellicule permet, quand le cristal vibre, d'observer la nature de ces déplacements.

Les expériences ont révélé d'abord qu'en plus des vibrations fondamentales que l'on pouvait escompter, il existe dans leur voisinage d'autres vibrations plus complexes que je signale mais dont il n'y a pas lieu de parler ici. Les figures de Kundt (poudre de lycopode tamisée sur le cylindre) ont indiqué pour certaines vibrations la présence de lignes nodales localisées presque toujours sur des droites bissectant l'angle formé par deux axes binaires. Ces lignes nodales se forment sur la couronne et parfois moins bien à cause de la forme cylindrique sur l'enveloppe. Aucune des vibrations présentant ces lignes nodales n'a manifesté le caractère de la torsion quel qu'ait été le procédé utilisé pour la déceler. Par contre, une vibration dont la fréquence d'oscillation est très voisine de celle calculée d'après la formule de torsion donnée par Hund [1] $F = 219/L$ en K. C. n'accuse au lycopode aucune ligne nodale précise sur les bases. La poudre répandue sur la couronne se met en mouvement, quitte une certaine région sous forme de deux courants de sens inverse qui cheminent chacun d'un côté de la couronne, en suivent le pourtour et se rencontrent dans une région à peu près diamétralement opposée à celle du départ. Là, tout en restant agitée, elle se rassemble un moment et quitte finalement le cristal. Le lycopode répandu sur l'enveloppe du cylindre indique un nœud au milieu de la hauteur. La torsion du cristal est très nettement indiquée par la déviation d'un faisceau de lumière réfléchi sur un petit miroir fixé près d'une base en un point quelconque de la circonférence du cylindre.

Le procédé de la pellicule liquide étendue sur toute la surface latérale du cylindre s'est montré particulièrement sensible. Une source lumineuse

(1) *Bureau of Standards Journal of Research*, 4, 1930, p. 383.

vue par réflexion sur cette surface apparaît comme une ligne brillante parallèle à une génératrice du cylindre. En faisant varier l'incidence ou en tournant le cristal d'un petit angle on pourra, de génératrice en génératrice, explorer toute l'enveloppe. Sitôt que le cristal entre en vibration torsionnelle, la ligne lumineuse s'étale largement à chaque extrémité, mais cet étalement diminue progressivement à mesure qu'il se rapproche du milieu de la hauteur du cylindre ou il devient nul indiquant ainsi dans ce plan l'existence d'un nœud de vibration. Il n'existe pas de génératrice qui n'accuse cet étalement ce qui prouve que le phénomène n'est pas localisé en certaines régions. Pour faire cette observation, on peut ménager une fente le long de l'armature extérieure, mais on peut aussi bien se contenter de ceinturer, en guise d'armature, la partie médiane du cristal d'un simple fil métallique ce qui ne diminue en rien l'amplitude des vibrations.

Ces expériences confirment les hypothèses que j'avais formulées dans ma Note précédente et semblent bien indiquer que la torsion ne provoque pas de compressions des axes électriques et qu'inversement la compression de ces axes ne produit pas de torsion. La stréphoélectricité et la piézoélectricité seraient ainsi deux phénomènes distincts si l'on ne considère que les déformations apparentes. C'est donc, non pas dans les contraintes mécaniques, mais bien dans leurs effets sur l'équilibre de l'édifice atomique que l'on doit rechercher le lien unissant ces deux phénomènes.

MAGNÉTISME. — *Propriétés expérimentales des subtances paramagnétiques. Caractères fondamentaux. Interprétation.* Note (¹) de M. **Gaston Dupouy**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les corps paramagnétiques *purs* suivent la loi de Curie : $\chi T = C$; les paramagnétiques *à champ moléculaire* obéissent au contraire à la loi de Weiss : $\chi(T - \theta) = C$.

De très nombreuses expériences ont révélé un certain nombre de faits importants, qui n'ont reçu jusqu'à présent aucune interprétation (²).

Nous nous proposons de montrer que ces faits expérimentaux peuvent être expliqués dans leur ensemble au moyen de l'hypothèse simple suivante :

(¹) Séance du 1er avril 1935.

(²) Voir pour plus de détails : G. Foëx, *J. de Phys.*, 2, 1931, p. 353; *J. de Phys.*, 4, 1933, p. 517; *Les lois expérimentales du paramagnétisme*. Paris, 1935; P. Collet et G. Foëx, *J. de Phys.*, 2, 1931, p. 290.

Une substance paramagnétique contient en général deux (ou plus de deux) variétés magnétiques simples possédant des valeurs de θ et de C différentes.

Soit un mélange de deux variétés magnétiques simples (I) et (II) ayant respectivement des constantes magnétiques C_1, θ_1, C_2, θ_2, et dont les titres (par gramme du mélange) sont m_1 et m_2. L'aimantation spécifique σ du mélange est donnée par la relation

$$\sigma = m_1\sigma_1 + m_2\sigma_2. \tag{1}$$

où σ_1 et σ_2 sont les aimantations spécifiques des variétés (I) et (II) isolées. Si la loi de Curie était suivie, on aurait

$$\sigma T = m_1 C_1 \mathcal{H} + m_2 C_2 \mathcal{H}. \tag{2}$$

En réalité, il faut ajouter au champ extérieur $\mathcal{H}$ le champ moléculaire dû à l'action de *tous* les porteurs de moment qui entourent un porteur donné; nous poserons donc que *le champ moléculaire est proportionnel à l'aimantation du mélange*. Nous obtenons ainsi [1] :

$$\sigma T = m_1 C_1(\mathcal{H} + n\sigma) + m_2 C_2(\mathcal{H} + n\sigma), \tag{3}$$

d'où

$$\chi[T - n(m_1 C_1 + m_2 C_2)] = m_1 C_1 + m_2 C_2. \tag{4}$$

Le mélange obéit à la loi de Weiss avec des constantes magnétiques :

$$\theta = n(m_1 C_1 + m_2 C_2) \quad \text{et} \quad C = m_1 C_1 + m_2 C_2. \tag{5}$$

L'expérience montre que n peut être tantôt positif, tantôt négatif, selon la variété considérée. D'une façon générale, si l'on a affaire à un mélange de plusieurs variétés quelconques, la formule devient :

$$\chi[T - n(\Sigma m_j C_j - \Sigma m_p C_p)] = \Sigma m_j C_j + \Sigma m_p C_p. \tag{6}$$

Droites coudées. — Supposons, par exemple, que la variété (J) [formule (6)] ne soit stable qu'au-dessous d'une température T_1 à laquelle elle se transforme brusquement en la variété (P). Les constantes magnétiques θ et C ne sont pas les mêmes avant et après la transformation : il y a eu varia-

---

(1) Nous avons pris le même coefficient n pour les deux variétés. On pourrait envisager le cas où n changerait avec la variété considérée. Cela n'altérerait pas sensiblement l'aspect de nos formules.

tion simultanée de θ et de C sans variation brusque de χ (1) et le diagramme de Weiss présente un coude. La généralisation, dans le cas de plusieurs coudes, se fait immédiatement.

Relation entre θ *et* C. — Quand l'expérience fournit plusieurs valeurs de θ et de C pour une même substance, il existe une relation linéaire entre θ et C : c'est par exemple le cas du platine (2) dont les différentes variétés connues ont toutes des θ négatifs. La formule (6) donne immédiatement, dans ce cas, la proportionnalité en question.

Pour les faibles valeurs de C on trouve des écarts à la loi simple de proportionnalité. La relation approximative est alors la suivante :

$$\theta = 210 - 8,25.10^5 C.$$

On obtient cette relation à partir de (6) en supposant que dans le mélange se trouve au moins une variété à champ moléculaire positif. On a, en effet, dans ce cas,

$$\chi \{ T - n[2 m_1 C_1 - (m_1 C_1 + m_2 C_2 + m_3 C_3 + \ldots)] \} = m_1 C_1 + m_2 C_2 + m_3 C_3 + \ldots.$$

Les résultats expérimentaux sont ainsi expliqués sur ce point même dans le détail (3).

La loi de Curie par compensation des θ. — On trouve assez souvent dans le cas des solutions d'un même corps formées dans des conditions voisines, plusieurs variétés avec des C et des θ différents et θ peut être nul pour l'une d'elles. C'est le cas, par exemple, du sulfate ferreux ammoniacal (4), dont une des cinq variétés connues à un moment de 26,5 magnétons avec $\theta = 0$.

Nous interprétons ce fait en admettant que dans ce cas le champ moléculaire est nul *par compensation*, ce qui se produit [formule (6)] lorsque l'on a, d'une façon générale,

$$\Sigma m_j C_j = \Sigma m_p C_p.$$

La loi de Curie apparaît ici comme un cas particulier de la loi de Weiss, par compensation des θ.

---

(1) Il faut, pour qu'il en soit ainsi, que le mélange contienne des constituants ayant des θ de signes contraires.

(2) P. Collet et G. Foëx, *J. de Phys.*, 2, 1931, p. 290.

(3) Cela nous amène à prévoir dans le cas du platine l'existence d'une variété au moins à θ positif.

(4) G. Foëx, *Ann. de Phys.*, 9e série, 16, 1921, p. 174.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *A propos de l'effet Schottky dans les photoéléments à couche de barrage.* Note de M. **Georges Liandrat**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans un article récent sur la théorie des redresseurs à couche de barrage (¹), Ch. van Geel a bien voulu mentionner, à l'appui de certaines de ses idées, que j'avais observé l'effet Schottky, sur un photoélément au sélénium. Il semble utile de faire connaître dans quelle mesure on peut maintenant considérer comme acquis ce résultat brièvement indiqué l'an dernier, à la fin d'une Note (²).

Dans le but d'expliquer pourquoi le courant photoélectrique augmente constamment sous l'action de différences de potentiel accélératrices croissantes, on peut songer à trois phénomènes : 1° effet de photoconductivité dans la couche de barrage; 2° accélération des photoélectrons libérés dans le semi-conducteur, à une certaine distance de la couche de barrage; 3° diminution du travail de sortie à la limite semi-conducteur-couche de barrage.

1° L'augmentation de courant que l'on peut obtenir sous l'action d'une différence de potentiel accélératrice, contrairement à celle que l'on observe dans l'autre sens (métal négatif), ne possède aucun des caractères généraux des courants secondaires de photoconductivité : *a*, elle est bien définie et notamment n'est pas sensible à de faibles variations de température; *b*, elle n'augmente pas rapidement en fonction de la différence de potentiel; *c*, on ne parvient pas à la réduire notablement lorsqu'on opère en lumière modulée. Il faut donc bien admettre l'unipolarité de l'effet de photoconductivité dans la couche de barrage, et je pense pouvoir en proposer l'interprétation suivante : dans le cas d'une différence de potentiel retardatrice, les photoélectrons dont la recombinaison très lente explique la conductibité secondaire, sont avant tout ceux qui, venant du semi-conducteur, perdent leur vitesse dans la couche limite de haute résistance. Leur nombre peut être de 20 à 100 fois plus grand que celui des photoélectrons engendrés dans cette couche-même, parce que la lumière n'est absorbée que dans une couche d'épaisseur 20 à 100 fois plus grande que

---

(¹) Ch. van Geel, *Physica*, **1**, 1934, p. 1152.
(²) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 130-131.

celle de la couche de barrage. Ce phénomène, parfaitement unipolaire, peut donc recouvrir largement, dans la couche de barrage, l'effet photoélectrique intérieur proprement dit, dont la dissymétrie ne serait guère compréhensible.

2° Pour que le champ électrique appliqué pût appeler à la surface les photoélectrons engendrés à une certaine profondeur dans le semi-conducteur, il faudrait qu'il fût intense à cet endroit même. Cela ne peut être, parce que la chute de potentiel presque tout entière a lieu dans la couche de barrage. Il n'en serait peut-être pas de même avec les cellules à l'oxyde cuivreux à effet de paroi postérieure, où la couche semi-conductrice est traversée par la lumière et possède une résistance atteignant souvent une fraction notable de la résistance peu élevée de la couche de barrage.

3° Il ne reste donc que l'hypothèse d'un phénomène plus ou moins analogue à l'effet Schottky. On pourrait en chercher une confirmation empirique dans la vérification numérique de la loi de ce phénomène. En utilisant la lumière provenant de la partie centrale d'un ruban de tungstène incandescent, soigneusement étalonné par rapport au corps noir, j'ai mesuré l'émission photoélectrique totale, et construit la droite de Richardson-Suhrmann pour une série de différences de potentiel accélératrices croissant comme la suite des carrés des nombres entiers. La lumière était modulée à la fréquence de 500 hertz, afin d'éliminer presque entièrement la photoconductivité très faible qui pourrait subsister d'après la discussion qui précède. On obtient ainsi un faisceau de droites dont le coefficient angulaire décroît en progression arithmétique, avec une approximation de l'ordre de 10 à 20 pour 100. C'est bien ce qu'exige la formule de Schottky

$$\varphi = \varphi_0 - \sqrt{e\mathrm{E}} = \varphi_0 - \mathrm{S}\sqrt{\mathrm{V}}.$$

De la valeur du coefficient S, on déduit l'épaisseur de la couche de barrage (divisée par la constante diélectrique); on trouve 4×10^{-6} cm, valeur confirmée par les mesures de capacité faites sur des photoéléments du même type. Le travail total de sortie peut ainsi être diminué d'un quart de volt environ, sous l'action d'une différence de potentiel de 2 volts, qui correspond déjà à un champ électrique supérieur à 10^5 volts/cm. Au delà, la loi en $\sqrt{\mathrm{V}}$ cesse d'être vérifiée.

SPECTROSCOPIE. — *Sur la polarisation des bandes 2540 Å et 2650 Å de fluorescence de la vapeur saturée de mercure.* Note de M. **Georges Zieliński**, présentée par M. Maurice de Broglie.

J'ai cru utile d'étendre mes recherches ([1]) aux bandes 2540 Å et 2650 Å qui, sur mes anciens clichés, semblaient montrer un certain degré de polarisation.

De même que dans mes expériences précédentes, j'excitais la fluorescence à l'aide de la lumière non décomposée de l'étincelle au zinc. L'intensité de la bande 2650 Å, obtenue de cette manière, était de beaucoup plus faible que celle des bandes restantes mais cependant suffisante pour qu'on puisse se rendre compte du degré de sa polarisation tout en contrôlant simultanément les bandes obtenues.

Le récipient, le four et le dispositif optique servant à l'étude de la polarisation étaient les mêmes que dans mes recherches précédentes; par contre, j'y avais adapté un spectrographe de dispersion plus grande atteignant dans le voisinage de la raie de résonance 2537 Å, environ 9 Å par millimètre. Les photographies ont été prises sur des plaques *Opta Super Ortho* de la maison Lumière. Les clichés ont confirmé l'hypothèse que les bandes 2540 Å et 2650 Å sont partiellement polarisées dans le plan contenant la direction du faisceau excitateur et celle de l'observation. Cette fois, également, je n'ai pas remarqué de polarisation des bandes 3300 Å et 4850 Å. L'évaluation du degré de polarisation P ([2]) (la direction d'observation faisant un angle droit avec le faisceau incident) a montré que, en cas d'excitation à l'aide d'une lumière non polarisée, le degré de polarisation P vaut $5,5\,\% \pm 0,5\,\%$, aussi bien pour la bande 2540 Å que pour la bande 2650 Å.

La comparaison de ces résultats avec mes résultats antérieurs conduit à admettre que toutes les bandes de fluorescence de la vapeur de mercure qui apparaissent aussi dans l'absorption (bandes de fluctuation 2345-2010 Å; 2540 Å et 2650 Å) sont partiellement polarisées dans un plan parallèle au

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1109; *Acta Phys. Pol.*, 3, 1934, p. 517.
(2) $P = (J' - J'')/(J' + J'')$; J' est l'intensité composante maximum, tandis que J'' est l'intensité composante minimum.

faisceau excitateur et à la direction de l'observation ; le degré de polarisation de ces bandes leur est commun aux erreurs expérimentales près et s'élève à 5,5 pour 100; le degré de polarisation est indépendant de la pression dans de larges limites ; enfin dans les bandes continues de fluorescence (3300 Å et 4850 Å) qui n'apparaissent pas dans l'absorption, aucune polarisation n'est décelable.

RAYONS X. — *Étude du spectre L du mercure.* Note de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Perrin.

Ce travail fait suite à une précédente Note [1]. Il est relatif aux raies faibles d'émission de dipôle, de quadrupôle et hors diagramme du spectre L du mercure.

Ce spectre a été analysé, comme précédemment, à l'aide d'un spectrographe à focalisation utilisant par transmission une lame de mica courbée sous 40^{cm} de rayon ; il était émis par le mercure présent à l'état d'amalgame d'argent à l'intérieur d'un tube de Coolidge ordinaire. Les temps de pose n'ont jamais dépassé 2 heures. L'examen des clichés a été fait, dans le premier ordre, à l'aide d'un comparateur et d'un microphotomètre de Moll. Les références utilisées ont été : les spectres K de l'argent, du rubidium et du strontium, $L\gamma_1$ du tungstène, et les raies fortes du mercure dont j'ai déjà publié la mesure [1]. Le tableau I rassemble les résultats obtenus.

Pour identifier les raies de diagramme, j'ai eu recours aux valeurs des niveaux provisoirement calculées pour cet élément à partir des fréquences des raies fortes d'émission que j'avais déjà mesurées et des fréquences d'absorption L, comme dit dans ma publication antérieure [1].

Dans le Tableau II on trouvera les valeurs provisoires obtenues pour les niveaux O_I, N_{VI} et N_{VII} du mercure qui complètent la liste des niveaux déjà tabulés dans la locution citée.

---

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1194.

TABLEAU I.

Transition.	λ en U. X.	ν/R.	ν/R calculé.
Raies de dipôle.			
$L_{II}O_{I}$: γ_8	$878,1_3$	$1037,7_3$	–
$L_{III}N_{IV}$: β_{15}	$1039,3_4$	$876,7_6$	$876,7_4$
$L_{III}O_{I}$: β_7	$1017,2_6$	$895,8_0$	–
Raies de quadrupôle.			
$L_{I}N_{V}$	$854,8_6$	$1065,9_8$	$1066,1_5$
$L_{II}M_{III}$	$1088,1_9$	$837,4_1$	$837,5_2$
$L_{II}N_{III}$	$906,9_9$	$1004,7_2$	$1004,6_6$
$L_{II}N_{VI}$	$877,0_5$	$1039,0_4$	–
$L_{II}O_{II}$	$876,6_0$	$1039,5_5$	$1040,9_5$
$L_{II}O_{III}$	$874,0_4$	$1042,5_9$	$1042,5_0$
$L_{III}N_{III}$	$1056,3_9$	$862,6_3$	$862,7_5$
$L_{III}N_{VI}$	$1015,5_8$	$897,2_8$	–
$L_{III}N_{VII}$	$1014,6_3$	$898,1_3$	–
$L_{III}O_{II}$	$1013,4_8$	$899,1_4$	$899,0_4$
$L_{III}O_{III}$	$1011,9_4$	$900,5_4$	$900,5_9$
Raies hors diagramme.			
γ'_1	$890,4$	$1023,4_4$	–
γ'_2	$870,3_6$	$1047,0_0$	–
γ''_2	$865,6_7$	$1052,6_7$	–

TABLEAU II.

Niveau.	ν/R.
O_{I}	8,71 ($L_{II}-\gamma_8$)
	8,73 ($L_{III}-\beta_7$)
N_{VI}	7,43 ($L_{II}-L_{II}N_{VI}$)
	7,25 ($L_{III}-L_{III}N_{VI}$)
N_{VII}	6,40 ($L_{III}-L_{III}N_{VII}$)

Outre les transitions de diagramme, permises par les règles de sélection, soit de dipôle, soit de quadrupôle, les clichés obtenus montrent un certain nombre de raies d'étincelle. J'ai déjà donné la mesure de celles relatives au groupe $L\alpha$. Je donne ici la mesure de celles que j'ai pu identifier dans le cadre des déterminations déjà faites par d'autres auteurs pour les éléments lourds voisins du mercure [1].

---

[1] Voir en particulier S. KAUFMAN, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 385 et p. 613.

Je n'ai pu observer avec certitude les transitions à attendre : $L_I M_{IV}(\beta_{10})$ et $L_I M_V(\beta_9)$; mais il est à remarquer que, dans les conditions de mes expériences, elles sont masquées, dans le premier ordre, par les émissions $K\beta_3$ et $K\beta_6$ de l'argent, dans le deuxième ordre.

Eddy et Turner [1] avaient signalé deux raies faibles de longueurs d'onde : 907,6 et 856,4 U. X; elles sont peut-être à rapprocher de $L_I N_V$ (854,86) et $L_{II} N_{III}$(906,99). Toutes les autres raies du Tableau I ont été mesurées ici pour la première fois pour le mercure.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la formule de l'oxyde de chrome ferromagnétique.* Note [2] de MM. **André Michel** et **Jacques Bénard**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

L'oxyde de chrome ferromagnétique s'est vu attribuer, au cours des nombreuses recherches qu'il a suscitées, des formules différentes : Cr^3O^4 [3], Cr^4O^9 [4], Cr^5O^9 [5]. Nous avons repris l'étude de ce corps par la méthode de Debye-Scherrer et l'analyse thermique différentielle.

La décomposition de CrO^2Cl^2, à 360°, conduit à un produit noir fortement ferromagnétique dont le point de Curie est situé à 116°; son diagramme de rayons X est formé par deux systèmes de raies juxtaposés : l'un nous montre la présence de Cr^2O^3 (ou plus exactement, comme nous le verrons plus loin, d'une solution solide d'oxygène dans Cr^2O^3); l'autre est caractéristique de l'oxyde ferromagnétique.

Toutefois nous n'avons pu séparer, ni par voie chimique, ni par voie physique, les deux constituants de ce mélange; tous deux sont inattaqués par les solutions alcalines bouillantes et se dissolvent entièrement dans l'acide sulfurique concentré à l'ébullition. L'examen de l'intensité des raies semble bien montrer que nos meilleures préparations sont constituées par environ 50 pour 100 d'oxyde ferromagnétique pur.

L'étude de la décomposition thermique de ce produit a mis en évidence

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, A. 111, 1926, p. 117.

(2) Séance du 1er avril 1935.

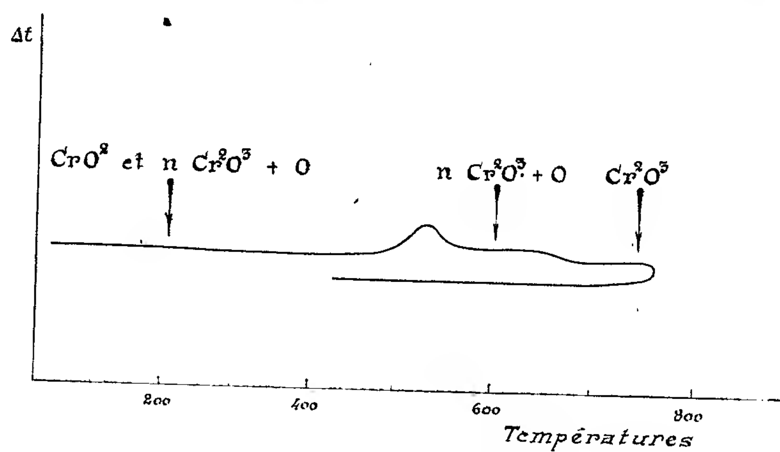
(3) Wohler, *Ann. Ch. Phys. Lieb.*, 111, 1859, p. 117.

(4) Shukof, *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 1396.

(5) Geuther, *Ann. Ch. Phys. Lieb.*, 118, 1861, p. 62; Simon et Schmidt, *Z. für anorg. Chem.*, 153, 1926, p. 191; Blanc, *Thèse*, Paris, 1926 et *Ann. de Ch.*, 10e série, 6, 1926, p. 182.

la formation d'un oxyde noir non ferromagnétique, qui se transforme à plus haute température en Cr^2O^3 vert. Ce composé se révèle, par rayons X, identique au constituant qui accompagne toujours l'oxyde magnétique, quel que soit le mode de préparation. Sa transformation en Cr^2O^3 vert est corrélative d'un dégagement de chaleur et d'un départ d'oxygène. On observe après le départ de l'oxygène un accroissement du paramètre cristallin de 5,27 Å à 5,33 Å; c'est donc une solution solide d'oxygène dans Cr^2O^3, dont la composition limite correspond sensiblement à $8\,Cr^2O^3$ pour un atome d'oxygène.

La courbe d'analyse thermique différentielle ci-contre indique la décomposition de l'oxyde ferromagnétique et celle de la solution solide.



Le dosage d'oxygène sur le produit conduit à la composition Cr^6O^{10}, ce qui correspond à une teneur en oxygène voisine de Cr^5O^9, formule préconisée par plusieurs auteurs pour l'oxyde pur ferromagnétique.

Nous devons envisager une formule indiquant une teneur en oxygène supérieure à Cr^5O^9; CrO^2 serait en bon accord avec l'estimation de la composition (50 pour 100) du mélange faite par l'intensité des raies des diagrammes de Cr^2O^3 et de l'oxyde ferromagnétique. Les considérations suivantes semblent bien confirmer cette hypothèse : les métaux ayant des nombres atomiques voisins du chrome; Ti, V, Mn, forment tous des bioxydes cristallisant dans le système quadratique (type C_4 de Ewald et Hermann). Il est remarquable de constater que le diagramme de l'oxyde ferromagnétique de chrome est identique à celui de MnO^2, ce qui indique une complète analogie de structure. Les paramètres cristallins ont pour

valeurs d'après notre diagramme :

$$a = 4,41 \text{ Å}, \quad c = 2,86 \text{ Å}, \quad \frac{c}{a} = 0,648.$$

Dans ce type de structure, chaque atome de chrome possède deux voisins à la distance 2,86 Å; cette valeur se retrouve sensiblement dans la solution saturée de tellure dans le tellurure de chrome, qui est aussi ferromagnétique. La théorie de Forrer [1] conduit à admettre cette valeur, comme distance efficace, entre les atomes de chrome ferromagnétiques.

La formule CrO^2 que nous attribuons à l'oxyde de chrome ferromagnétique est celle d'un véritable bioxyde, ce qui résulte de son insolubilité dans les bases, et non celle du chromate de chrome $CrO^3\,Cr^2O^3$ qui a été déjà décrit.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Phénomènes électriques liés aux confrontations chimiques dans les gels*. Note de Mlle **Suzanne Veil**, transmise par M. Georges Urbain.

L'investigation chimique au sein de la gélatine, dont le point de vue strictement morphologique a été antérieurement exposé [2], est susceptible de conduire à l'observation de phénomènes électriques. Il en est ainsi, en particulier, du procédé d'analyse qualitative des sels, désigné sous le nom d'essai à deux gouttes, et qui consiste à opposer sur le gel des gouttes des solutions intéressées. Lorsque dans les deux gouttes sont immergés des fils d'un même métal, de platine par exemple, le système constitue une pile dont la force électromotrice varie avec les solutions confrontées.

Pour provoquer le phénomène, la seule dissimilitude des solutions suffit, tandis que d'autre part leur réactivité mutuelle n'est nullement nécessaire. Dans le cas spécial où il s'agit de deux solutions d'un même électrolyte, la génération de force électromotrice est liée à l'inégalité des concentrations : l'identité des concentrations, qui assure au système sa symétrie, est signalée par l'annulation de la force électromotrice.

En dehors de l'essai à deux gouttes proprement dit, on peut pratiquer à travers gélatine des confrontations diverses, intéressant tant des solutions

(1) *J. de Phys.*, 7e série, 4, 1933, p. 109, 186, 457 et 501.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 611.

électrolytiques que des métaux. En règle générale, tout défaut de symétrie du système est décelable par l'apparition d'une force électromotrice. Une pile de grande simplicité est obtenue en enlisant dans la gélatine deux métaux différents. Lorsqu'il s'agit de zinc et de cuivre, ces métaux jouent les rôles respectifs de pôle négatif et de pôle positif, précisément comme dans le dispositif classique de Volta.

Selon les opportunités expérimentales, la gélatine peut être considérée, soit étalée en couche plane sur plaque, soit coulée en un petit index au fond d'un tube en U. Un autre gel conducteur, tel que l'agar-agar, peut encore être substitué à la gélatine. Les forces électromotrices sont déterminées à l'électromètre.

Les forces électromotrices liées aux confrontations à envisager sont interprétables comme des manifestations de forces électromotrices de contact, au sens même prévu par Volta dès le début du siècle dernier; tous phénomènes de ce genre se reliant ultimement d'ailleurs au principe général de symétrie, énoncé par Curie. Les présents résultats tendent à accorder à la notion de force électromotrice de contact une vaste extension dans le domaine chimique, et ils militent nettement en faveur de la conception intrinsèque de l'effet Volta laquelle, on le sait, recherche la genèse de cet effet uniquement dans la nature des conducteurs, sans tenir compte de leurs impuretés. Le rôle essentiel, mis ici en évidence, de la dissymétrie de la chaîne avant toute réaction chimique éventuelle et même possible, constitue une circonstance importante à noter.

Les phénomènes électriques ci-dessus décrits suggèrent une voie d'accès nouvelle à l'étude des sauts de potentiel aux interfaces, problème considéré dans son ensemble par Rideal [1]. En outre la spécificité, en chaque cas, des forces électromotrices observées pour les chaînes qu'elles mettent en œuvre, livre à l'expérimentateur des données chimiques et en premier lieu des données analytiques.

---

[1] *On phase boundary potentials*, Paris, 1934.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur la variation du coefficient de dilatation du verre avec le recuit.* Note [1] de Mlle **Niuta Klein**, présentée par M. Charles Fabry.

On sait depuis longtemps que les différentes propriétés physiques d'un verre dépendent dans une large mesure du traitement thermique auquel il a été soumis au préalable : autrement dit le verre présente le phénomène d'hystérésis thermique. Ceci est vrai en particulier pour les propriétés prises à la température ordinaire et ce n'est que de ces propriétés qu'on parlera dans la suite.

Une étude complète de la variation d'indice (à la température ordinaire) en fonction du recuit a été faite par Lebedeff [2]. Nous nous sommes proposé de reprendre ce travail et d'étudier dans les mêmes conditions la variation du coefficient de dilatation.

Un plateau d'un borosilicate-crown finement recuit a été débité en petits morceaux de $5^{mm} \times 5^{mm} \times 1^{mm}$ environ. Ces échantillons ont été placés dans un four électrique à résistance et chauffés avec une vitesse de 2° par minute.

A des températures déterminées d'avance, c'est-à-dire 300°, 400°, 450°, 500°, 560°, 580°, 600°, 620°, 700°, 730°, on enlevait rapidement du four quelques échantillons qui étaient alors soumis à un refroidissement brusque par l'air ambiant. Enfin, on a fait fondre un échantillon de verre dans la flamme et on a recueilli la goutte refroidie comme précédemment (à l'air ambiant), ce qui a fourni un échantillon refroidi à partir de la température de fusion (1000° environ).

On a ensuite mesuré le coefficient de dilatation α ainsi que l'indice n de tous ces échantillons. (L'indice par le réfractomètre Pulfrich, le coefficient de dilatation par le dilatomètre de M. Arnulf, mesure faite par M. Guériau.)

Voici les valeurs obtenues :

$t°$........	20.	300.	400.	450.	500.	560.	580.	600.	620.	640.	730.	1000.
$\alpha \times 10^6$....	6,3	6,3	6,3	6,2	5,8	6,2	6,1	6,6	6,8	7,6	8,0	8,0
n.........	1,51691	691	687	687	689	680	669	416	136	103	082	083

La courbe d'indice est très voisine de celle de Lebedeff. La différence entre les indices relatifs aux valeurs extrêmes du recuit est de 0,006.

---

(1) Séance du 25 mars 1935.

(2) *Revue d'Optique*, 5, 1926, p. 1.

La courbe de variation du coefficient de dilatation (observé entre 15° et 50°) a été tracée pour les échantillons trempés à des différentes températures allant de 300° jusqu'à 1000°. Elle affecte une allure analogue à celle de la courbe d'indice, avec une variation brusque au point de transformation du verre. Mais cette fois le sens de variation est inversé.

Le coefficient de dilatation diminue avec le recuit.

Il reste à peu près constant pour les échantillons traités au-dessous de 550°, augmente rapidement (de 30 pour 100 environ pour la fonte employée) entre 550° et 650°, et redevient constant pour les échantillons trempés au-dessus de 650° ([1]).

Comme la variation du coefficient de dilatation concorde (au sens près) avec celle de l'indice, on peut déterminer le coefficient de dilatation d'une fonte pour toute la gamme du recuit en connaissant les valeurs extrêmes de son coefficient de dilatation et la position de l'échantillon étudié sur sa courbe d'indice. La mesure du coefficient de dilatation est ainsi ramenée à celle, bien plus facile, de l'indice.

Un échantillon finement recuit sera celui qui, pour la composition donnée du verre, aura l'indice le plus élevé et le coefficient de dilatation le plus bas.

Les variations d'indice et du coefficient de dilatation dues aux tensions introduites par le refroidissement sont parfaitement négligeables devant celles dues à la variation de structure; elles agissent d'ailleurs dans le sens contraire.

Une grande variation de coefficient de dilatation dans un même échantillon de verre joue un rôle prépondérant dans la déformation de surfaces optiques et dans les éclatements spontanés à la température ordinaire attribués jusqu'ici à des tensions provoquées par le refroidissement.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur le rôle de la surface dans certaines réactions homogènes relevant d'un mécanisme en chaîne*. Note de M. **Marcel Prettre**.

Les caractères particuliers des réactions de combustion lente ou explosive provoquées par voie thermique ne peuvent être expliqués que par

([1]) Pour les échantillons refroidis à une température voisine de celle de transformation (500° environ) les mesures du coefficient de dilatation par la méthode employée sont moins précises, les échantillons n'étant pas homogènes.

l'existence de processus en chaîne dans ces réactions. La paroi chaude du récipient contenant les gaz agit déjà sur la transformation en provoquant la rupture des chaînes par destruction chimique ou désactivation de l'un des produits intermédiaires de la chaîne. Mais son rôle ne se limite pas à cet effet. Alyea et Haber [1] ont montré, dans le cas du mélange oxhydrique, que l'explosion sous basse pression se produit seulement en présence de certaines surfaces chaudes : verre, silice, porcelaine et certains métaux. Sous des pressions de quelques centimètres, ces surfaces sont donc nécessaires a la formation des chaînes ramifiées, qui déclenchent ce type d'explosion. Les expériences résumées ici montrent qu'aux pressions plus élevées, il en est de même pour les chaînes non ramifiées de l'oxydation lente et pour l'inflammation dite thermique.

Il a été constaté qu'en recouvrant de chlorure de potassium la paroi vitreuse des récipients de combustion, la température d'inflammation sous la pression ordinaire des mélanges combustibles contenant de l'hydrogène était fortement élevée [2], et qu'aux températures inférieures, la vitesse d'oxydation lente était réduite [3]. L'étude cinétique de cette oxydation, à température constante et à des pressions comprises en 300 et 700^{mm}, dans des récipients de verre propre et de verre enduit de chlorure de potassium, indique que ce sel apporte à la réaction en chaîne les modifications suivantes :

1° A toute température, la vitesse de la transformation homogène est beaucoup plus lente en présence de la surface saline qu'en présence du verre propre. Par exemple, le temps de demi-réaction du mélange tonnant introduit sous une pression de 630^{mm} dans un récipient maintenu à 549°, est de 69 minutes, quand le verre est enduit de chlorure, alors qu'il peut ne pas dépasser 1 minute 40 secondes dans le même récipient propre;

2° Malgré ces différences de vitesse, le changement de paroi chaude ne modifie pas les caractères de la réaction prouvant l'existence des chaînes. La vitesse de réaction est toujours proportionnelle à une puissance élevée de la pression totale des gaz réagissants. L'addition d'un gaz inerte au mélange oxhydrique accélère fortement la transformation, alors que l'augmentation de la surface chaude, mise en contact avec un volume donné de gaz, la ralentit en diminuant la longueur des chaînes. Le coefficient de température de la réaction est toujours supérieur à trois, pour une élévation de 10°;

3° Dans le cas de la paroi de chlorure, les résultats sont beaucoup plus reproduc-

---

(1) *Zts. phys. Chem.*, B 10, 1930, p. 193.

(2) Prettre, *Mémorial des poudres*, 25, 1932-1933, p. 160, 169 et 531.

(3) Pease, *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 5106.

tibles qu'avec une paroi vitreuse. On ne constate jamais plus ces variations d'activité de la surface, déjà observées par Hinshelwood et Thompson (¹) dans des ballons en silice, et qui, avec le pyrex non enduit, font varier la vitesse d'un essai à l'autre dans d'assez larges limites. De plus, c'est seulement en présence du sel alcalin que l'influence de la température sur la vitesse d'oxydation est à peu près conforme à l'équation d'Arrhenius, sauf au voisinage immédiat de la température d'inflammation et tant que la pression est nettement plus élevée que la limite supérieure de l'inflammation sous basse pression;

4° L'action inhibitrice de la paroi par interruption des chaînes n'est certainement pas plus considérable pour le chlorure de potassium que pour le verre propre. En effet, le recouvrement alcalin ralentit jusqu'à 50 fois la vitesse dans un récipient dont le rapport de la surface au volume est voisin de l'unité; il la réduit environ 8 fois seulement si ce rapport est porté à 7.

Les résultats numériques des mesures qui justifient ces conclusions, seront publiés ailleurs.

En présence d'une paroi chaude de chlorure de potassium, comme d'une paroi vitreuse, l'oxydation lente du gaz tonnant est donc bien une réaction homogène relevant d'un mécanisme en chaîne. Le ralentissement de vitesse provoqué par le revêtement alcalin ne peut être attribué à une efficacité plus grande du chlorure que du verre propre dans la rupture des chaînes, ce qui du reste imposerait que les chaînes soient plus fréquemment réfléchies qu'interrompues par une surface vitreuse. Il faut donc admettre que *c'est la paroi chaude qui émet dans les gaz, les centres initiateurs du processus en chaîne,* dans tout le domaine de températures et de pressions examiné. La paroi saline n'émet qu'un nombre de centres bien inférieur à celui émis par une paroi vitreuse propre dans les mêmes conditions de température et de pression. Il en résulte un ralentissement considérable de l'oxydation lente et un relèvement marqué de la température d'inflammation.

Les températures d'inflammation spontanée de nombreux gaz combustibles (oxyde de carbone, méthane, éthane) sont bien plus élevées au contact d'une surface d'halogénure alcalin, qu'au contact d'une substance vitreuse propre. Les conclusions précédentes peuvent être étendues à ces diverses réactions d'oxydation en chaîne.

A la différence d'aptitude à initier les chaînes de la combustion de l'hydrogène, qui existe entre le chlorure de potassium et le verre propre, correspond une différence considérable de la capacité d'adsorption de

(¹) *Proc. Roy. Soc.*, A 118, 1928, p. 170.

l'hydrogène par ces surfaces dans le même intervalle de températures. Cette adsorption possède alors les caractères spéciaux que Taylor (¹) a définis par *adsorption activée*.

MÉTALLURGIE. — *Contribution à l'étude des alliages formés par la solution solide aluminium-magnésium.* Note (²) de MM. **G. Chaudron** et **R. Dandres**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On sait que l'aluminium peut former avec le magnésium des solutions solides jusqu'à une teneur voisine de 15 pour 100 (³).

Nous avons étudié la variation des propriétés mécaniques de cet alliage à l'état laminé en fonction de sa teneur en magnésium; nous partions de

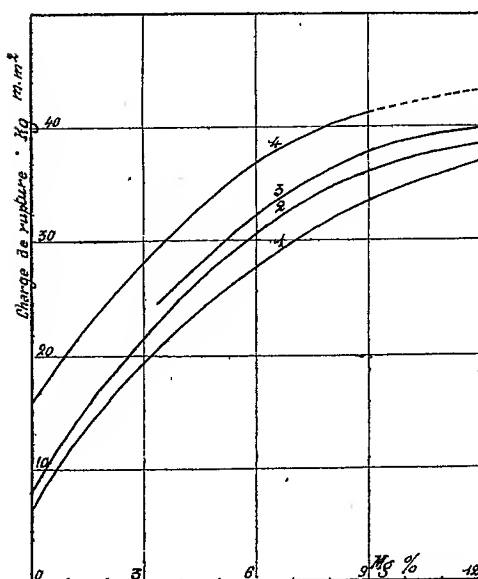


Fig. 1.

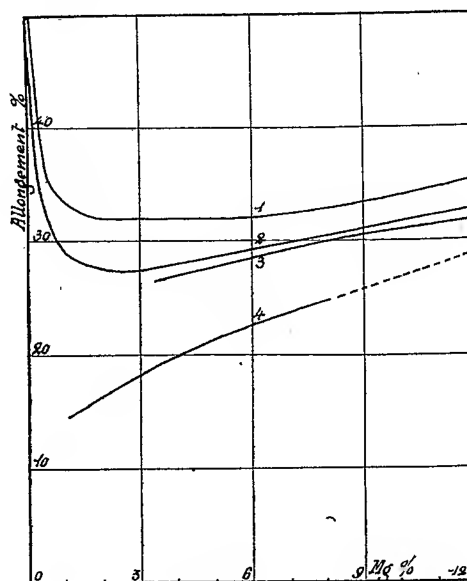


Fig. 2.

métaux de très haute pureté (aluminium raffiné par électrolyse et magnésium sublimé titrant tous les deux sensiblement 99,99 pour 100).

Les alliages laminés sont homogénéisés à 450°, puis trempés de cette température par refroidissement en quelques minutes à l'air.

(¹) *J. Am. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 578.

(²) Séance du 1er avril 1935.

(³) Schmid et Siebel, *Zeits. f. Metall.*, 23, 1931, p. 202.

Les résultats de nos expériences sont résumés par les diagrammes figures 1 et 2. On constate que la charge de rupture (courbe 1, *fig.* 1) croît régulièrement, tandis que l'allongement (courbe 1, *fig.* 2) décroît brusquement de 55 pour 100 environ jusqu'à 32 pour 100 pour une teneur de 2 pour 100 de magnésium, ensuite cette valeur reste sensiblement constante ou croît très légèrement jusqu'à la solution solide limite.

Si de très faibles teneurs en magnésium modifient considérablement la capacité de déformation de l'aluminium pur, certaines impuretés ont sensiblement le même effet sur l'alliage aluminium-magnésium. Une addition de 0,15 pour 100 de silicium suffit pour augmenter nettement la valeur de la résistance (courbe 2, *fig.* 1) et pour diminuer l'allongement (courbe 2, *fig.* 2). On observe des modifications du même ordre avec 0,45 pour 100 de manganèse (courbes 3) et avec 1 pour 100 de manganèse (courbe 4). On remarque que, pour tous ces alliages, la somme R + A est sensiblement constante pour une même teneur en magnésium.

D'autres additions ne jouent pas le même rôle : 1 pour 100 de zinc ou de cadmium ne modifient pas les propriétés mécaniques de la solution solide; on peut remarquer que ces métaux cristallisent dans le même système que le magnésium.

L'étude du revenu de ces alliages nous a montré que la précipitation des cristaux Al^3Mg^2 (*loc. cit.*) provoquait une baisse notable de l'allongement, sans augmentation sensible de la charge de rupture; les méthodes sensibles pour se rendre compte de cette précipitation sont la variation de la résistance électrique et la baisse de l'allongement. Par métallographie, on observe que la précipitation des cristaux β se fait d'abord entre les grains, puis à l'intérieur de ceux-ci. Ces alliages, après revenu, ont un potentiel plus électronégatif, qui est justement celui des cristaux β. Le tableau suivant résume nos expériences :

Potentiel de dissolution dans NaCl 2 °/₀ *aéré par rapport à l'électrode au calomel.*

	Trempé.	Revenu.
Al-Mg (6,5 °/₀)	−0,77	−0,9
Al-Mg (10 °/₀)	−0,79	−1,07
Al-Mg (6 °/₀), sans Mn	−0,77	−0,76 (*)

(*) Avec excès de Mn et trempé.

La précipitation crée donc des couples superficiels d'une force électromotrice d'environ 0,2 volt, ce qui est suffisant pour produire des corrosions

locales notables; on recherchera donc l'homogénéité pour des raisons de propriétés mécaniques et de résistance à la corrosion.

On peut, pourtant, citer des cas où l'autoprotection semble prendre le pas sur l'homogénéité : une précipitation très fine de cristaux β semble faciliter la formation d'une pellicule protectrice comme nous l'avons indiqué avec M. E. Herzog dans une Note précédente (1); les alliages contenant un excès de manganèse résistent bien à la corrosion dans les solutions salines; il est vrai que les cristaux d'aluminium-manganèse qui constituent une phase distincte (voir le tableau, dernière ligne) n'ont pas dans ce cas un potentiel de dissolution différent du reste de l'alliage.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude physicochimique de la neutralisation de solutions aqueuses de niobates de sodium.* Note (2) de M. **Pierre Süe**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons été conduit (3) à admettre l'existence d'un nouveau sel d'acide niobique : Nb^2O^5, $3Na^2O$; ce composé était obtenu par chauffage du pentoxyde de niobium avec du carbonate de sodium. Pour préciser la structure de ce composé, il nous a paru intéressant d'entreprendre l'étude de la neutralisation de ce sel par l'acide chlorhydrique, afin de savoir si l'on pouvait enlever sucessivement les trois molécules de base comme dans le cas de l'orthophosphate correspondant.

En généralisant cette étude à deux niobates de sodium peu alcalins formés intermédiairement au cours de la réaction, nous avons déterminé le processus de transformation de tous ces sels en solution aqueuse.

L'évolution des réactions fut suivie au moyen des conductivités et des concentrations en ions hydrogène. Les mesures étaient effectuées sur des prises d'essai de 100^{cm^3} préparées avec de l'eau bidistillée, auxquelles on ajoutait des quantités croissantes d'acide chlorhydrique 0,995N; après courte agitation les flacons étaient placés dans un thermostat réglé à 18°. Les pH furent déterminés avec une électrode à hydrogène et, pour les régions acides, avec une électrode à quinhydrone; l'emploi de ces électrodes

(1) E. Herzog et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 2002.

(2) Séance du 1er avril 1935.

(3) P. Süe, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1696.

donna des résultats satisfaisants, sauf toutefois dans la zone de neutralité où il est difficile d'obtenir une valeur fixe.

Étude du sel Nb^2O^5, $3Na^2O$. — En opérant sur des solutions M/512 on obtient des résultats représentés par la courbe I pour les conductivités, et par la courbe I' pour les pH. L'absence d'inflexion suivant AB montre qu'aucun composé intermédiaire entre $3Na^2O$ et environ un Na^2O ne s'est formé. La brusque chute de la conductivité, en accord avec les valeurs élevées du pH, s'explique par une forte hydrolyse, et ce premier stade ne correspond sensiblement qu'à la neutralisation de la soude libérée. Par contre les quantités de Nb^2O^5 formées sont très faibles à ce point (environ 1/5e de la quantité totale), ce qui indique déjà le début d'une seconde transformation qui, se poursuivant suivant BC, s'achève en C. La branche CD correspond à l'excès de HCl ajouté.

Étude des sels intermédiaires formés au cours de la neutralisation du Nb^2O^5, $3Na^2O$. — On voit qu'au point B le sel en solution ne contient qu'une quantité de base voisine d'une molécule Na^2O; la détermination de sa formule (rapport Nb^2O^5/Na^2O) ne peut être qu'approximative, du fait que les dosages de l'oxyde colloïdal Nb^2O^5 libéré pendant la neutralisation furent effectués par néphélométrie. Nous avons pensé qu'il serait plus justificatif de préparer les deux seuls niobates de sodium hydratés connus (1,166^{mol} Na^2O et 1^{mol} Na^2O pour 1^{mol} Nb^2O^5) et de comparer leurs courbes de neutralisation avec la branche BC.

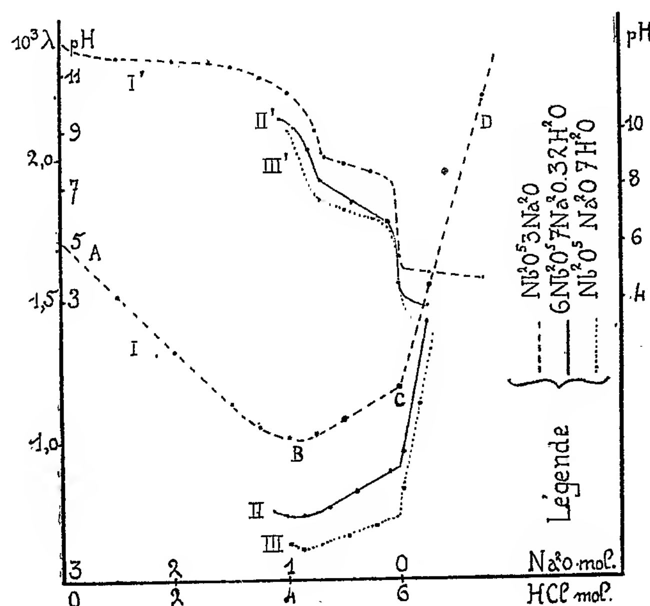
Les deux sels : $6Nb^2O^5$, $7Na^2O$, $32H^2O$ (1) et Nb^2O^5, Na^2O, $7H^2O$ (2) furent préparés, et une amélioration apportée au mode d'obtention de ce dernier sera décrite à l'occasion d'un Mémoire plus détaillé. Les analyses ont confirmé ces formules, et les neutralisations effectuées sur des solutions (M/256) nous permettent de tracer les courbes (II, II' et III, III').

Les courbes II et III présentent la même allure, et leurs branches rectilignes ayant des projections horizontales, de même longueur que BC, indiquent la neutralisation du même composé qui est : Nb^2O^5, Na^2O, $7H^2O$. Le décalage vertical vient de ce que les solutions des deux sels employés contiennent moins de soude que le sel Nb^2O^5, $3Na^2O$ et qu'il y a dans les solutions, en moins, le chlorure de sodium provenant de la neu-

(1) BEDFORD, *J. Am. Chem. Soc.*, 27, 1905, p. 1216.

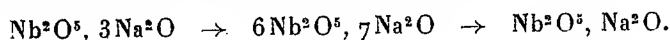
(2) BALKE et SMITH, *J. Am. Chem. Soc.*, 30, 1908, p. 1646; SMITH et VAN HAAGEN, *J. Am. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 1783.

tralisation par HCl des molécules de soude dont diffèrent les sels $6Nb^2O^5$, $7Na^2O$, $32H^2O$ et Nb^2O^5, Na^2O, $7H^2O$, par rapport à Nb^2O^5, $3Na^2O$. Il semble donc d'après les résultats ci-dessus, et en accord avec leur mode



de préparation, que les deux sels hydratés précédents soient en équilibre en solution, ce qui confirme les vues de Smith et van Haagen (*loc. cit.*).

On voit par ailleurs que l'étude de la neutralisation des solutions aqueuses de niobate de sodium permet de démontrer qu'entre l'orthoniobate Nb^2O^5, $3Na^2O$ et le métaniobate hydraté Nb^2O^5, Na^2O, $7H^2O$ il n'existe qu'un seul terme intermédiaire, $6Nb^2O^5$, $7Na^2O$, $32H^2O$, et que l'évolution des réactions s'effectue suivant le schéma



$$Nb^2O^5, 3Na^2O \rightarrow 6Nb^2O^5, 7Na^2O \rightarrow Nb^2O^5, Na^2O.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Activité chimique des hydrogènes naphtoliques du dihydroxyanphtalène-1.7.* Note de MM. **Léon Palfray** et **Alfred Leman**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude des naphtols isomères α et β a fait l'objet de nombreux travaux. Beaucoup de propriétés fondamentales leur sont communes, mais en revanche, on note quelques différences, surtout en ce qui concerne la sulfo-

nation, la nitration, l'oxydation, la copulation, l'action de l'acide nitreux, etc.

Ces propriétés ont été, en général, étudiées séparément, ce qui ne rend pas facile la comparaison. Nous nous sommes proposé de les étudier simultanément et, pour cela, nous nous sommes adressés au dihydroxy-1.7-naphtalène. Dans ce diphénol, l'un des noyaux porte la fonction naphtol en α, l'autre en β; on pouvait donc étudier comparativement quelle peut être la différence de réactivité des deux oxhydryles et aussi celle des atomes d'hydrogène des noyaux correspondants.

Jusqu'à présent, à notre connaissance, seul Emmert (¹) a étudié sommairement les propriétés des oxhydryles du dihydroxy-1.7-naphtalène : à partir d'un excès de réactif il a obtenu les dérivés diacétylé et diéthoxylé. Nous relatons ici nos essais d'acidylation ; l'étude de la mobilité des atomes d'hydrogène sous l'influence des oxhydryles fera l'objet d'une publication prochaine.

1° Le *diphényluréthane* $C^{10}H^{6}(O—CO—NH—C^{6}H^{5})^{2}$ a été préparé par action de l'isocyanate de phényle sur le dihydro-1.7-naphtalène. Après purification dans l'alcool, on obtient des cristaux blanc grisâtre, de point de fusion (instantanée), F., 203-204°, très peu solubles dans l'éther et le benzène, solubles dans l'acide acétique et l'alcool. *Dosage* (par micro-Kjeldahl) : N pour 100 trouvé, 7,008; calculé pour $C^{24}H^{18}O^{4}N^{2}$, 7,035.

2° *Acétylation.* — Le dérivé *diacétylé*, $C^{10}H^{6}(O — CO — CH^{3})^{2}$, avait été préparé par Emmert au moyen de l'anhydride acétique. Après plusieurs essais, à l'anhydride acétique, au chlorure d'acétyle en milieu chloroformique ou benzénique, avec ou sans pyridine, nous avons trouvé que le meilleur mode opératoire, donnant un rendement de 95 pour 100, était l'action, en milieu chloroformique, du chlorure d'acétyle employé avec un excès de 50 pour 100, en présence de pyridine. Le dérivé diacétylé, jaune assez foncé (dans l'alcool), est peu soluble dans l'eau, soluble dans le benzène et l'acide acétique, très soluble dans le chloroforme, très soluble dans l'alcool à 95° à chaud, un peu soluble à froid (environ 3^{g} dans 100^{cm^3}). Le point de fusion instantané est 106,5-107°,5.

Un essai de *monoacétylation* a été fait par action équimoléculaire du chlorure d'acétyle sur le dihydroxynaphtalène en milieu chloroformique et en présence de carbonate de calcium, d'abord à froid en agitant, puis

(¹) *Ann. der Chemie*, **241**, 1887, p. 372.

quelques minutes au bain-marie. Par addition d'eau, on récupère 60 pour 100 du dihydroxynaphtalène. Après élimination du chloroforme, il reste un produit visqueux d'où l'on extrait, par l'éther de pétrole, 12 pour 100 de dérivé acétylé. Le résidu, dissous dans l'acétone, donne 8 pour 100 de résines et 80 pour 100 d'un produit qui se solidifie peu à peu et fond vers 68-70°. Le dosage par saponification indiquerait qu'il contient au moins la moitié de dérivé diacétylé, qui pourrait être mélangé soit à du dihydroxynaphtalène, soit à des produits de condensation cétonique, par exemple $[C^{10}H^5(OH)^2]-CO-CH^3$, le 1.7-dihydroxy-*x*-acétylnaphtalène, soit à du dérivé monoacétylé dans la proportion de 30 pour 100 au maximum.

3° *Benzoylation*. — Le dérivé *dibenzoylé*, $C^{10}H^6(O-CO-C^6H^5)^2$, s'obtient, avec un très bon rendement, par l'action de deux molécules de chlorure de benzoyle sur une molécule de dihydroxynaphtalène; en milieu benzénique, en présence de CO^3K^2 anhydre, et en maintenant à l'ébullition, au bain-marie, pendant 2 heures. La solution, de couleur orangé brun au début, passe peu à peu au jaune orange; la coloration ne varie plus après 45 minutes. Le solvant chassé, il reste une huile brune qui s'épaissit et se prend enfin en masse par agitation. Après plusieurs purifications dans l'alcool, le point de fusion instantané se fixe à 101-101°,5. Le dibenzoate est une poudre fine, jaune très pâle, assez soluble dans le benzène à l'ébullition, (environ 20^g dans 100^{cm^3}) et ne précipitant pas à froid; soluble dans l'alcool à 95° à l'ébullition (environ 25^g) et peu soluble à froid (environ 1^g). *Dosage*, par saponification avec NaOH alcool : trouvé $M = 369,3$; calculé pour $C^{24}H^{16}O^4$: 368,1.

Les essais de *monobenzoylation* ont été faits par action du chlorure de benzoyle, en milieu benzénique, en présence de CO^3K^2 anhydre, soit sur la quantité équimoléculaire, soit sur un léger excès de dihydroxynaphtalène, au bain-marie pendant 2 heures; ou à froid, 1 heure et demie, puis au bain-marie 5 minutes. La solution orangé brun devient peu à peu jaune orangé, avec lent dépôt de solide jaune.

On extrait : 20 à 30 pour 100 de dihydroxynaphtalène n'ayant pas réagi; des résines (surtout dans l'opération au bain-marie 2 heures); une quantité notable de dibenzoate (correspondant au moins à 35 pour 100 du chlorure de benzoyle mis en œuvre); une huile foncée qui s'épaissit peu à peu et, après plusieurs semaines, se solidifie en un produit orangé brun fondant vers 53°. Les essais de saponification par KOH ou NaOH alcoolique

donnent des chiffres intermédiaires entre ceux qui conviendraient au monobenzoate et ceux qui conviendraient au dibenzoate, correspondant à environ 30 pour 100 de monobenzoate et 70 pour 100 de dibenzoate.

Conclusion. — La différence d'activité des deux oxhydryles du dihydroxynaphtalène-1.7 paraît assez faible :

1° On obtient facilement le dérivé diacidylé;

2° Quant au dérivé monoacidylé, il se forme difficilement, et nous ne l'avons encore obtenu que mélangé au diacidylé, circonstance qui s'oppose à son isolement par cristallisation. Il semble donc que la réactivité des deux oxhydryles soit à peu près du même ordre, et qu'un premier oxhydryle étant acidylé, le deuxième devienne plus réactif et s'estérifie à son tour, avant qu'une autre molécule, ayant encore ses deux oxhydryles libres, n'ait fixé le reste acide, et n'immobilise la première au stade monoacidylé.

MINÉRALOGIE. — *Sur les propriétés de la sépiolite d'Ampandrandava* (1). Note (2) de M. **Henri Longchambon**.

1. La figure 1 ci-après reproduit des enregistrements de déshydratations effectuées dans l'air sous tension de vapeur d'eau saturée à 15° avec des échantillons de poids initial constant égal à 500^{mg} et soumis au préalable à divers traitements indiqués ci-dessous :

a. Sépiolite I. — Un échantillon naturel porté à la température de 320° en 8 heures donne la courbe de déshydratation I de A en D. Placé ensuite dans une atmosphère saturée à 15° il dépasse son poids initial et porte sa teneur à 33 pour 100. Remis plusieurs jours à l'air libre il revient à son poids initial. Cet échantillon est alors porté à la température de 1000° en 60 heures, donnant la courbe II de A en F, dont la portion ABCD reproduit les particularités de la courbe I en les accentuant. Cette expérience résume toute une série de constatations conduisant à la conclusion suivante :

La sépiolite I naturelle, stable à l'air jusqu'à 320° environ, contient 13 à 14 pour 100 d'eau (selon l'état initial) de caractère zéolitique, dont la perte et la reprise se font aisément sans modification du réseau cristallin. Une partie de cette eau (10 à 11 pour 100) est extrêmement labile (portion AB) et l'autre partie (3 à 3,5 pour 100) est liée plus nettement au réseau (portion BCD). La première partie peut être portée à une teneur double par séjour du minéral dans une atmosphère saturée à 15°.

---

(1) Cf. *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 949 et références contenues.

(2) Séance du 1er avril 1935.

b. Passage de la sépiolite I à la sépiolite II. — Les courbes III et IV représentent la déshydratation de deux échantillons portés respectivement au préalable à 375° et 450° dans l'air pendant 6 heures puis réhydratés dans l'atmosphère saturée et abandonnés à l'air. L'aspect de ces courbes, par la modification de la portion correspondante ABCD de la courbe II, illustre les constatations suivantes :

La transformation progressive du réseau qui correspond au passage de la sépiolite I à la sépiolite II, correspond à la disparition progressive des

Fig. 1.

propriétés zéolitiques. La réversibilité des variations de teneur est réduite simultanément pour les parties AB et CD et disparaît complètement en premier lieu pour la partie CD. Cette transformation s'accompagne d'une perte d'eau irréversible (portion DE) de 2,3 pour 100 du poids initial.

c. Sépiolite II. — La portion EF et les portions correspondantes des courbes III et IV appartiennent à cette forme dont la structure est bien assise à 500°. La courbe V est obtenue avec un échantillon porté au préalable à 700-720° pendant 40 heures.

La sépiolite II possède à 500° une teneur en eau d'environ 3,5 pour 100 du poids initial de l'échantillon, dont la moitié environ part progressivement de 500° à 700° et l'autre moitié part brusquement vers 750° accompagnant la destruction brusque du réseau de ce minéral.

II. Des deux causes agissant corrélativement, agitation thermique et perte d'eau, la seconde est en relation plus précise et plus directe avec l'effet et cette observation est valable pour la généralité des hydrates minéraux. Les changements de structure, tout en exigeant une certaine agitation thermique, sont en relation précise avec la teneur en eau et c'est en fonction de ce dernier facteur qu'il conviendra d'exprimer les résultats ci-dessus pour discuter de la constitution de la sépiolite.

Sous pression de vapeur d'eau, la structure de la sépiolite I est encore stable à une température d'au moins 700°. Inversement, dans le vide en présence d'un desséchant, les températures de disparition des sépiolites I et II s'abaissent de 50° environ.

III. L'étude aux rayons X nous avait amené à conclure que le passage de la forme I à la forme II se faisait avec une contraction portant uniquement sur la largeur des fibres et une variation de volume de l'ordre de 7 pour 100. On a une vérification directe de ce fait par l'étude dilatométrique comme le montre la reproduction ci-dessous (*fig.* 2) des courbes obtenues.

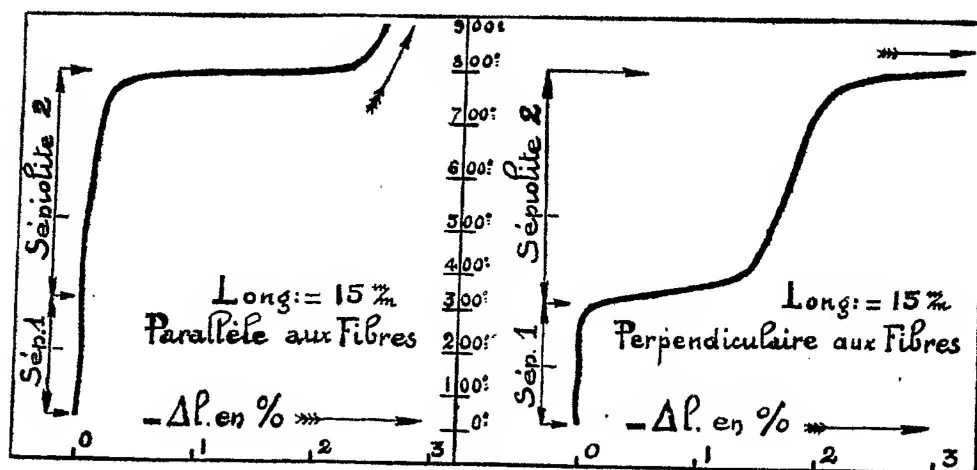


Fig. 2.

Celles-ci ont été obtenues avec le dilatomètre à enregistrement mécanique de M. Chévenard monté en dilatomètre absolu. Elles sont un nouvel exemple de la sensibilité de cette méthode et des services qu'elle peut rendre, combinée avec les enregistrements de déshydratation, l'étude aux rayons X et l'analyse thermique, dans l'étude des minéraux.

GÉOLOGIE. — *Les dépôts quaternaires de l'ancien cratère de Pedra de Lume (île de Sal, archipel du Cap-Vert).* Note de MM. **Auguste Chevalier, Léonce Joleaud** et **Georges Petit.**

On connaît à l'île de Sal, dans l'archipel des îles du Cap-Vert, un ancien cratère dont le fond, sensiblement au niveau de la mer et distant de celle-ci de 1^{km}, constitue une saline exploitée depuis longtemps. E. Friedlander en a publié en 1913 une description sommaire que l'un de nous a pu compléter récemment en y recueillant des fossiles. Le fond du cratère a une forme sensiblement elliptique. Le grand axe orienté NNW-SSE mesure 1^{km} de longueur et l'autre axe 800 à 900^{m}. On y accède par un tunnel artificiel situé au Sud-Est dans la partie la plus rapprochée de la mer. De ce côté, le rebord du cratère, formé à la base de laves basaltiques et au sommet de tufs anciens avec débris de laves, n'a qu'une vingtaine de mètres, mais vers l'Est, il atteint près de 100^{m}. On a creusé autour de la saline un petit canal qui recueille les eaux d'infiltration de la muraille. Ces eaux sont très peu salées à l'Ouest, mais du côté Sud-Est, deux sources situées un peu en contre-bas de la mer débitent chacune en 24 heures 63^{m^3} d'eau ayant sensiblement la salure de la mer. C'est ce qui nous fait supposer que de ce côté le fond du cratère communique avec la mer par des fissures invisibles.

Le fond du cratère, situé à peu près au niveau de la mer ou un peu au-dessous, est occupé par une terre gris verdâtre pulvérulente. A $0^{m},60$ ou 1^{m} au-dessous de la surface de cette couche, on rencontre le sel gemme. En creusant des puits à travers ces deux couches on retire une eau sursalée à 25-27° Beaumé dégageant en outre une forte odeur d'acide sulfureux avec des bulles de gaz.

Toutefois, dans la partie Sud du cratère, en creusant des fossés jusqu'à 3^{m} de profondeur, on ne rencontre plus de sel, mais une sorte d'argile gris verdâtre salée, avec des poches d'un limon tourbeux noirâtre, mêlé de débris végétaux : feuilles et rhizomes de *Phragmites*, conservés dans la saumure et qui tombent en poussière quand on les assèche.

Il est permis de penser que cette partie du cratère était encore occupée à une période indéterminée par un marécage avec végétation d'eau douce, lorsque l'eau de mer l'a envahie brusquement et a tué cette végétation de marais dont les débris non fossilisés sont conservés grâce à la salure.

Ajoutons que les *Phragmites* n'existent plus ni à l'île de Sal, ni dans tout l'archipel.

Un peu au-dessus des sources d'eau salée dont il a été question, à proximité du tunnel, on observe un calcaire magnésien très fin, adossé à la muraille du cratère, et en dedans, incliné d'environ 30°, d'une épaisseur de 3 à 5^m et qui est actuellement exploité comme amendement et engrais chimique pour la culture des bananiers en Afrique. On peut y distinguer les trois couches suivantes :

1° En haut un calcaire blanc dolomitique épais de 1^m,50 à 2^m, sans galets ni fossiles.

2° Une couche de 40 à 50^{cm} formée de plaques blanc jaunâtre, plus ou moins liées entre elles et contenant, outre de petits galets, des empreintes végétales fossiles (nous avons recueilli une feuille de *Sideroxylon Marmulana* vivant encore dans l'archipel, mais disparu de l'île de Sal) des pinces de crabes et des ossements de tortues fossilisés.

3° Enfin au-dessous, s'inclinant vers le fond de la cuvette un calcaire blanc, riche aussi en magnésie, avec trace de chlorure de sodium à la base.

Les quelques fragments de pinces d'un Décapode brachyoure recueillis dans la couche 2, peuvent être rapportés au *Cardisoma armatum* Herkl., gros crabe dont on connait les habitudes fouisseuses, répandu le long de la côte occidentale d'Afrique du Sénégal au sud de l'Angola, et qui se rencontre encore actuellement sur le littoral des îles du Cap-Vert.

Les très nombreux ossements de tortues provenant de la même couche 2, fragments de carapaces et surtout os des membres, sont tout à fait comparables à ceux de *Testudo calcarata* Schneid (=*T. sulcata* Gmel.=*T. radiata senegalensis* Gray); ce Chélonien, répandu aujourd'hui dans toute l'Afrique méridionale et tropicale, remonte vers le Nord jusqu'en Abyssinie, au Soudan et au Sénégal. Cette tortue, d'assez forte taille, n'habite plus l'archipel, pas plus d'ailleurs que les autres îles de l'Atlantique. Les os fossilisés de Pedra de Lume ont leur cavité médullaire partiellement imprégnée de fer et de manganèse, le ciment qui les enrobe présente le faciès classique des roches de plages soulevées.

A l'époque où vivait dans l'archipel du Cap-Vert *Testudo calcarata*, l'île de Sal, certainement plus étendue qu'aujourd'hui, devait être rattachée au continent : c'est grâce à une telle liaison terrestre que ce Chélonien a pu passer du Sénégal sur les terres actuellement insulaires. Ces événements peuvent dater du Quaternaire moyen.

En outre les traces de débris végétaux montrent qu'à cette époque le climat était beaucoup plus humide que de nos jours.

GÉOLOGIE. — *Sur des fuites d'eau thermale de la source Soufre à Aix-les-Bains*. Note de M. **Georges Schneider**, transmise par M. Louis de Launay.

La discussion mathématique d'une expérience comportant une modification du niveau d'émergence de la source Soufre d'Aix-les-Bains ([1]), nous avait conduit à supposer que des filets d'eau thermale s'échappent du filon de Soufre, avant l'émergence, par des orifices I_s, qui sont, soit d'autres *émergences* minéralisées (telles que Marlioz), soit des *fuites* d'eau s'écoulant souterrainement par gravité dans des alluvions. Pendant la construction des nouveaux thermes, nous avons découvert, dans les alluvions, *le passage d'une ancienne fuite de ce type* pour la source Alun; une partie de l'eau s'écoulait souterrainement vers le lac du Bourget, tandis que le reste émergeait à l'emplacement des Bains Romains. S'il existe une *fuite* I_s, il est à prévoir que le filon de Soufre sera soumis à l'influence d'une pression d'eau froide, produite par une nappe alluvionnaire.

Cette hypothèse semble confirmée par l'étude des débits propres d'Alun et de Soufre. Si, sur le graphique des débits de Soufre en fonction de ceux d'Alun ([2]) on marque tous les points représentatifs des observations faites, et non plus seulement ceux qui correspondent à un minimum de température de Soufre, on constate une dispersion des points représentatifs dans l'angle aigu formé par la droite L_1 de pente $1/12$ et une droite L_2 de pente $1/5$ passant au-dessus de la première dans la partie utile du graphique. Ainsi, lorsque le débit d'Alun reprend sa valeur initiale D_{PA}, le débit de Soufre ne retrouve pas nécessairement la valeur correspondante D_{PS} : de plus, on voit parfois pendant quelques jours les débits des deux sources varier en sens contraire; observations qui, à première vue, paraissent incompatibles avec la jonction antérieurement démontrée des deux filons en profondeur. Ni des erreurs de mesures, ni l'incertitude due à la température des eaux étrangères intervenant dans le calcul des débits propres, ne peuvent expliquer ces anomalies qu'aucune hypothèse acceptable sur les eaux d'apport ne permet de faire disparaître. La réalité physique des débits propres est attestée : par l'alignement d'une importante catégorie d'observations suivant la

---

([1]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 80.
([2]) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 848.

droite L_1, par la régularité des variations des taux de décroissance des débits propres d'Alun pour toutes les observations, enfin par les anomalies même signalées.

En effet, dans l'angle des droites L_1 L_2, le point représentatif des mesures, prises dans l'ordre chronologique, décrit des sortes de spirales, *très régulièrement dans le sens des aiguilles d'une montre*. Cela s'explique ainsi : la source Alun (et accessoirement la source Soufre) est soumise aux pressions variables d'une nappe N_A, en relation avec les alluvions qui recouvrent son griffon ; l'eau thermale ne se perd jamais dans cette nappe ; l'eau froide peut pénétrer dans le filon d'Alun et provoquer les *perturbations froides* déjà décrites. *Le filon de Soufre donne généralement lieu à des* fuites I_S *dans une nappe d'eau froide* N_S, *et est soumis à la pression variable de celle-ci ;* l'inclinaison de la nappe, dans le sens de la pente de la montagne, permet d'ailleurs l'introduction simultanée d'eau froide dans le filon de Soufre, et la fuite d'eau thermale dans les alluvions. Dès lors, l'effet des pluies après une période sèche est d'abord une baisse de température d'Alun, à débit propre constant ou même encore en diminution, et une augmentation *anormale* à température constante du débit propre de Soufre, par diminution du débit D_{iS} de la fuite d'eau thermale I_S ; ensuite se fait sentir l'augmentation normale simultanée des débits propres d'Alun et de Soufre, par élévation de pression à l'origine du courant thermal unique. Après une période de pluies, l'effet inverse s'observe. Ainsi se réalise la rotation du point représentatif des débits propres.

Confirment cette explication les observations suivantes : une hausse *anormale* de débit propre de Soufre est généralement suivie d'une baisse de température, deux ou trois jours après, et inversement ; car l'effet de la pression de N_S se marque immédiatement sur le débit propre, tandis que l'eau refroidie doit parcourir un certain trajet avant de parvenir au griffon. Quand on retrouve, après un certain temps, les mêmes valeurs de débit propre à la fois pour Alun et Soufre, le niveau des nappes N_A et N_S, dont le drain placé dans les alluvions au-dessus des sources donne une idée, retrouve aussi à peu près la même valeur ; au contraire, toute hausse *anormale* du débit propre de Soufre correspond à une élévation de niveau dans N_S, et inversement. La droite L_1 correspondrait sensiblement au maxima des fuites D_{iS} d'eau thermale, la droite L_2 à l'annulation de D_{iS}. Le débit de fuite D_{iS} varierait ainsi entre quelques dixièmes de litre et trois litres environ à la seconde.

Ainsi s'expliquent la moins grande sensibilité aux *perturbations froides*

de la source Soufre, le décalage depuis longtemps observé entre les variations de températures des sources Alun et Soufre, la seconde étant en retard sur la première, la durée différente des perturbations pour les deux sources, l'effet sur Soufre étant généralement moins intense et plus prolongé; se confirme enfin l'explication donnée antérieurement pour la différence de température des deux sources.

GEOLOGIE. — *Sur l'Adrar des Asger* (*Sahara*). Note de M. **Robert Perret**, transmise par M. Charles Jacob.

L'Adrar des Asger est un massif montagneux qui se développe au Nord de la piste d'Amguid à Djanet et à l'Ouest de la piste qui franchit le Tassili au Sud de Fort Polignac (Sahara central). Il se trouve à l'intersection du 25ᵉ degré de latitude Nord et du 8ᵉ degré de longitude Est de Greenwich. Sa longueur, d'Ouest en Est, est d'une cinquantaine de kilomètres et sa largeur, du Nord au Sud, est d'une trentaine de kilomètres.

La mission Foureau-Lamy, en 1899, avait simplement longé la bordure occidentale de ce massif et le commandant Lamy avait exécuté une brève reconnaissance vers la cime du Télout, sans pénétrer très avant dans l'intérieur des montagnes. On ne trouve la mention d'aucun itinéraire entre les années 1899 et 1934, date à laquelle le lieutenant Brenans traversa la région du Nord au Sud, gravissant au passage son point culminant, l'Azéo Settefen. N'ayant emporté aucun instrument de mesure, c'est par impression qu'il évalua l'altitude du sommet à 2200^{m}. Les appréciations des aviateurs, qui apercevaient la cime de très loin en allant à Djanet, variaient de plusieurs centaines de mètres.

Aucun naturaliste n'avait pénétré dans l'Adrar, dont la nature volcanique était conjecturée d'après les galets récoltés dans les oueds de la périphérie.

Au cours d'une mission remplie de novembre 1934 à février 1935, accompagné de H. Lhote, j'ai eu l'occasion de combler cette lacune. Parti de Dider, sur la piste de Fort Polignac à Djanet, je me suis d'abord dirigé vers l'Ouest en remontant la vallée de l'Oued Timaksiouine, puis vers le Sud, et j'ai gravi le volcan Tazerouft (2050^{m}); je suis enfin revenu à Dider par la vallée de l'Oued Imoulaï.

L'itinéraire a été levé à la planche à main et à la boussole; un relèvement a pu être effectué au sommet du Tazerouft; les directions enregistrées ont

permis de corriger la déviation de l'aiguille aimantée sur le basalte. Le nivellement de l'itinéraire est barométrique; les lectures faites ont été rectifiées d'après la courbe du baromètre enregistreur de Djanet. L'Azéo Settefen a été déterminé par intersection; son altitude, d'après la moyenne des résultats partiels obtenus, serait de 2359^{m}, avec une chance d'erreur de 30^{m} par rapport aux cotes de Fort Polignac et de Djanet.

La plaine de Dider, qui est un vaste bassin fermé creusé dans les grès siluriens, est remplie par des coulées de laves issues de l'Adrar. Il en est de même de la vallée de l'Oued Ardad que suit la piste automobile, et de toutes les gorges qui débouchent latéralement dans le canyon d'Iherir. Ces laves, qui correspondent aux plus anciennes émissions actuellement visibles, occupent une situation topographique identique à celle du basalte des vallées de l'Ahaggar, dont elles sont probablement contemporaines.

Ces coulées ont été légèrement entaillées par l'action des torrents; les sillons ainsi tracés ont été comblés à leur tour par de nouvelles émissions formées par un basalte où l'olivine se distingue à l'œil nu. Les vallées de l'Oued Timaksiouine et de l'Oued Imoulaï en sont entièrement tapissées.

L'Adrar lui-même est constitué par une imposante réunion de cônes volcaniques. Du haut du Tazerouft, j'en ai compté une trentaine. Ce sont en général des cratères égueulés, alignés parallèlement, ou perpendiculairement, à l'axe Amguid-Djanet. Ces cratères possèdent un noyau solide de basaltes prismés, recouvert de scories et de cendres, dont la surface forme un talus très raide. Les coulées qui sortent par l'ouverture béante du Tazerouft ont l'aspect hérissé des *cheires* d'Auvergne.

Les formations volcaniques de l'Adrar reposent sur les grès tassiliens. Lorsqu'on vient de Dider, on traverse d'abord une région disloquée par des failles orientées du Nord-Est au Sud-Ouest. La surface des grès constitue des gradins étagés entre l'altitude de 1520^{m} (Dider) et celle de 1740^{m} (limite orientale de l'Adrar). L'un de ces gradins est jalonné par des volcans isolés. On voit quelquefois surgir, dans l'intérieur du massif, des échines de grès sculptés en piliers et patinés en rouge vif.

Il n'y a point d'eau sur l'Adrar. Celle qui tombe s'infiltre le long des fissures du basalte et ressort dans les grès de la périphérie, où elle donne naissance à l'oued semi-permanent d'Iherir. Ainsi s'expliquent les caractères très originaux de ce petit centre de culture, habité par une population de nègres qui ont su rester, pendant de longs siècles, presque indépendants des Touareg.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Appareils de prise d'échantillons et d'étude de la composition de l'air de la stratosphère.* Note de MM. **Adolphe Lepape** et **Georges Colange**, présentée par M. Charles Fabry.

Au cours de recherches sur les propriétés de l'atmosphère, nous avons étudié les variations éventuelles de la composition chimique de l'air suivant l'altitude. Dans la présente Note nous décrirons le dispositif de prise d'échantillons d'air dans la haute atmosphère au moyen de ballons-sondes et, plus succinctement, les méthodes d'analyse chimique employées pour leur étude. Les prélèvements ont été effectués à partir de l'observatoire Léon Teisserenc de Bort à Trappes (Colange), et les études chimiques au laboratoire de chimie physique hydrologique du Collège de France (Lepape).

1. Les dispositifs de prises d'air par ballons-sondes (Cailletet 1897, Teisserenc de Bort 1908, etc.) ont l'inconvénient d'être trop lourds (plusieurs kilogrammes). Notre appareil, beaucoup plus léger, se compose d'une ampoule de verre sphérique d'une capacité d'un litre environ, munie de deux tubulures, l'une servant à faire le vide dans l'ampoule, l'autre destinée à s'ouvrir pendant l'ascension, pour l'admission de l'air, et à se refermer ensuite. Celle-ci est constituée par un tube de 5 à 7^{cm} de long et de 6^{mm} de diamètre extérieur terminé par une pointe calibrée (0,5 et 1^{mm},5 de diamètre intérieur et extérieur) en verre (cristal) de 10^{cm} de long; elle supporte un léger châssis de laiton muni d'un ressort terminé par une masselotte destinée à casser l'extrémité de la pointe. Le tube fin est entouré d'un mélange chauffant (1) pour le souder après le prélèvement. Une mèche d'amadou déclenche successivement l'ouverture, en brûlant un fil, qui libère la masselotte et la fermeture, en allumant le mélange chauffant.

L'appareil est entouré d'un cylindre de carton percé de larges trous pour la ventilation et pèse environ 200^{g}. Nous avons obtenu un matériel moins fragile et augmenté les chances de succès en plaçant deux prises d'air ensemble dans un clayonnage d'osier (poids total 600^{g}).

Pour obtenir des échantillons d'air absolument purs, on a pris les pré-

(1) Dans les conditions de l'expérience (pression faible, température basse, souvent du givre) les mélanges chauffants usuels ne s'allument pas, durcissent trop ou se délitent. Nous avons entouré le tube capillaire d'une bande de toile cousue à l'extrémité de la mèche d'amadou et imprégnée d'une bouillie composée de 35 pour 100 $SiCa^2$, 65 pour 100 NO^3K délayés dans un mélange d'eau, de glycérine et de gomme arabique.

cautions suivantes : *a*, en faisant le vide ($0^{mm},01$ de mercure) dans l'ampoule avant la fermeture à la lampe, on la chauffait pendant 20 minutes; *b*, la durée d'ouverture nécessaire à l'équilibre des pressions était d'une demi-minute, on laissait ouvert une minute; pendant ce temps, la quantité d'amadou brûlée était de $0^{g},1$ et le ballon montait de 200^{m}, la ventilation était donc telle que la combustion de l'amadou ne pouvait polluer l'air, le courant d'air était d'ailleurs dirigé dans le sens convenable; *c*, au moment de la combustion du mélange chauffant et de la fermeture (durée 2 ou 3 secondes), la température du gaz contenu dans l'ampoule montait d'une vingtaine de degrés, ce qui déterminait une violente sortie d'air et empêchait les gaz de combustion d'entrer dans l'ampoule.

Sur le clayonnage on attachait solidement un enregistreur de Teisserenc de Bort; le choc de la masselotte donnait aux styles une légère secousse se traduisant par un crochet sur les diagrammes. On avait ainsi exactement l'heure, la pression et la température ; d'où l'altitude.

En vue d'extraire l'air de l'ampoule, nous avons muni le tube à pointe capillaire d'un rodage conique mâle ; la partie femelle du rodage montée à l'extrémité d'un gros tube auxiliaire muni d'un robinet et contenant un morceau de gros agitateur en verre était conservée au laboratoire.

2. Au retour de l'ampoule, celle-ci était réunie par le rodage au tube auxiliaire, on faisait le vide dans celui-ci, puis en basculant l'ensemble, le morceau d'agitateur cassait la pointe capillaire. L'extrémité du tube auxiliaire était ensuite soudée sur l'appareil d'analyse (dosage de CO^2, O^2, N^2, He + Ne, Ar + Kr + Xe).

En vue du dosage précis de l'oxygène dans un petit volume d'air, un appareil spécial, tout en verre soudé (verre pyrex), a été construit et réuni à l'appareil d'étude des gaz rares de Moureu et Lepape. Il constituait un circuit fermé comportant essentiellement une trompe à mercure dont la chute débouchait à la base d'une jauge à robinet munie de pointes (aux volumes : $1^{cm^3},338$; $5^{cm^3},127$; $9^{cm^3},982$; $25^{cm^3},340$). Celle-ci communiquait avec un tube rempli de 8^{gr} de cuivre pur (fil de cuivre électrolytique de $0^{mm},1$ décapé mécaniquement et privé de gaz occlus par chauffage très prolongé dans le vide), placé dans un four électrique, et relié lui-même à la trompe à mercure par l'intermédiaire d'un condenseur refroidi dans l'oxygène liquide. La jauge est en relation avec un manomètre barométrique, et ces deux organes sont entourés de manchons à circulation d'eau froide munis de thermomètres.

L'air de l'ampoule de prélèvement était lentement aspiré dans la jauge à

travers un serpentin refroidi dans l'oxygène liquide (où il abandonnait gaz carbonique et vapeur d'eau), et on en mesurait très exactement 10^{cm^3} environ. Par circulation (une demi-heure) sur le cuivre chauffé au rouge naissant, l'oxygène était absorbé et les produits de la combustion d'impuretés organiques étaient retenus dans le condenseur. On mesurait ensuite l'azote résiduel, après accumulation dans la jauge. Le dosage était répété sur une nouvelle fraction de 10^{cm^3} d'air.

On déterminait enfin les gaz rares sur 50 à 150^{cm^3} d'air (suivant l'altitude du prélèvement), par la méthode de Moureu et Lepape [1] (absorption de $O^2 + N^2$ sur le calcium métallique; fractionnement des gaz rares résiduels par le charbon de coco refroidi).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur la variation annuelle du champ magnétique terrestre*. Note de M. **Louis Éblé**, présentée par M. Charles Maurain.

La variation séculaire du champ magnétique terrestre n'est pas absolument linéaire par rapport au temps. C'est un fait connu depuis longtemps, mais les écarts sont assez faibles pour qu'on ait pu se demander s'ils se succédaient suivant une loi; Mascart, en particulier, se montre assez sceptique. Les moyennes mensuelles des quatre éléments, déclinaison, inclinaison, composantes horizontale et verticale du champ, semblent bien présenter une succession correspondant à une marche annuelle superposée à la variation séculaire linéaire; mais cela pourrait être une illusion provenant de ce que les mesures absolues elles-mêmes, celles de H en particulier, sont sujettes à des causes d'erreur qui posséderaient une répartition saisonnière. En fait la déclinaison, qui est l'élément le mieux déterminé, manifeste la marche annuelle la plus faible.

La série des observations commencées par Moureaux s'étend aujourd'hui sur 52 ans, 18 au Parc Saint-Maur, 34 au Val-Joyeux. C'est une durée suffisante pour permettre d'étudier ce point. J'ai partagé la série du Val-Joyeux en trois parties, de façon à éliminer, si elle existe, l'influence de la période solaire, et à voir s'il y a un rapport avec la valeur absolue de la variation séculaire, et j'ai établi séparément les marches annuelles pour chacune d'elles, celle du Parc Saint-Maur ayant été calculée par A. Angot.

---

(1) A. Lepape, *Gaz rares*, *Traité de chimie minérale* de P. Pascal, 12, 1934, p. 113.

Je ne peux pas donner ici toutes les moyennes, mais seulement les valeurs des amplitudes en minutes ou en unités du 5e ordre (γ) :

	D.	I.	H.	Z.
Parc Saint-Maur (1883-1900).....	0,27	0,92	16,6	15,9
Val-Joyeux I (1901-1912)........	0,27	0,69	17,2	20,1
» II (1913-1922)........	0,20	0,80	16,1	17,2
» III (1923-1934)........	0,41	0,71	14,3	13,5

Les amplitudes sont assez différentes, mais les extrêmes se placent à peu près aux mêmes moments de l'année et le détail montre que les formes des courbes de variation sont assez semblables. On n'aperçoit pas de rapport avec la variation séculaire. Mais la périodicité annuelle apparaît comme seulement approchée et ne présente pas la régularité de la variation annuelle de l'amplitude diurne des éléments magnétiques par exemple.

Cela s'explique si l'on admet l'hypothèse suivante : tandis que la variation séculaire est due à une cause intérieure au globe terrestre, la variation annuelle résulte de faibles changements des éléments en rapport avec une cause extérieure, la même qui produit l'agitation et les perturbations magnétiques : on sait que la composante horizontale H, par exemple, est diminuée au moment des perturbations; sa moyenne mensuelle doit donc se trouver plus petite aux époques où celles-ci sont le plus nombreuses, c'est-à-dire aux équinoxes, et maxima en été; c'est en gros ce qui ce produit.

Mais alors, comme la fréquence de l'agitation suit la période solaire undécennale, l'amplitude de la variation annuelle doit être également sous l'influence de celle-ci. La série d'observations magnétiques de Paris est aujourd'hui suffisante pour s'en rendre compte. On peut grouper 15 années d'une part, 14 de l'autre, correspondant au minimum et au maximum de l'activité solaire et établir les marches annuelles pour chaque groupe. Les amplitudes sont les suivantes :

	D.	I.	H.	Z.
Minimum d'activité.......	0,30	0,57	12,4	10,4
Maximum d'activité......	0,52	0,59	18,1	21,3

A l'exception de l'inclinaison, pour laquelle la différence n'est pas marquée, ce qui doit tenir au trop petit nombre d'années utilisées, les amplitudes sont notablement plus fortes pendant les années de maximum d'activité. Ceci semble confirmer à la fois l'existence d'une variation annuelle du champ magnétique et l'hypothèse proposée pour l'expliquer.

PALÉOBOTANIQUE. — *Découverte d'une flore dans les lydiennes du Carbonifère de la Montagne-Noire à Saint-Nazaire-de-Ladarez (Hérault).* Note de MM. **Paul Bertrand, Rodolphe Böhm** et **Paul Corsin**, transmise par M. Charles Barrois.

L'horizon des lydiennes avec nodules phosphatés, qui forme la base du Carbonifère marin du Midi de la France et en particulier de la Montagne-Noire, a révélé depuis longtemps des restes de *Lepidostrobus*. Le gisement bien connu de Cabrières a livré plusieurs échantillons de deux *Lepidostrobus* étudiés en détails par Zeiller [1] : *L. Browni* (Unger) Schimper et *L. Delagei* Zeiller.

Les recherches méthodiques de l'un de nous (R. Böhm) ont permis de découvrir une flore nouvelle dans les nodules phosphatés, que l'on trouve fréquemment dans l'horizon des lydiennes à Saint-Nazaire-de-Ladarez. Les restes de plantes se rencontrent, soit à l'état d'empreintes soit à l'état de structure conservée; dans les deux cas il s'agit de débris flottés.

Une seule empreinte a été récoltée, nous la rapportons au *Cyclopteris dissecta* Unger (non *Sphenopteridium dissectum* auctor.).

Les restes de végétaux à structure conservée ont fourni la flore suivante : *Lepidostrobus Browni* (Unger) Schimper (plusieurs échantillons), cf. *Sphenophyllum* (1 éch.), *Cladoxylon tæniatum* f. *dubium* de Solms (1 éch.), *Cladoxylon* cf. *tæniatum* Unger (1 éch.), *Cladoxylon* sp. (1 éch), un pétiole de Zygoptéridée (cf. *Metaclepsydropsis*, espèce nouvelle), *Calamopitys Blayaci* nov. sp. (3 éch.), *Periastron Delepinei* nov. sp. (1 éch.).

Nous n'insisterons pas sur le *Lepidostrobus Browni*; cette découverte confirme pourtant que les *Lepidostrobus* se rencontrent assez fréquemment dans les gisements de lydiennes. Les Cladoxylées sont tout à fait comparables à celles de Saalfeld en Thuringe.

Caractères du *Calamopitys Blayaci*. — On distingue dans cette tige : 1° la moelle avec trachéides médullaires ; 2° le bois primaire formant un anneau presque continu, dont les groupes de protoxylème ont une position mésarche; 3° le bois secondaire, couronne épaisse de trachéides à ponctuations multisériées; 4° l'assise génératrice aux cellules tabulaires ; 5° le liber mal conservé; 6° l'écorce interne parenchymateuse et l'écorce externe formée par une alternance régulière de paquets de sclérenchyme et de

(1) *Mém. Ac. des Sc.*, 52, 2e série, 1914, p. 1-67, Pl. I-XIV.

bandes de parenchyme (*sparganum-structure*); 7° les pétioles, adhérents à la tige, dont le système vasculaire central a la forme d'un arc à concavité tournée du côté de la tige et où les groupes de protoxylème ont une position mésarche.

C'est surtout par ses pétioles que le *Calamopitys Blayaci* diffère des autres plantes de ce genre. En effet, chez cette espèce, les pétioles ont une structure qui rappelle celle du *Megalorachis*, tandis que chez *C. saturni*, *C. americana* et *C. annularis* les pétioles offrent la structure du genre *Kalymma*. L'ensemble des faisceaux de chaque pétiole provient de la division d'un faisceau unique issu du bois primaire de la tige.

Caractères du *Periastron Delepinei*. — Ce pétiole est caractérisé par ses faisceaux vasculaires formant une bande médiane, tangentielle, discontinue et presque rectiligne. Les faisceaux sont réunis par paires ou isolés. Le parenchyme fondamental est lacuneux, l'écorce uniformément sclérifiée. On n'y remarque pas de canaux gommeux comme chez *P. reticulatum* Unger, les lacunes sont beaucoup moins grandes que chez *P. perforatum* Scott.

D'après l'étude des faunes faite par MM. Delépine, Blayac et Böhm [1], la flore décrite appartient à la partie la plus inférieure du Viséen. Elle offre des affinités manifestes avec celle de Saalfeld en Thuringe, décrite par Unger et celle des Waverley shales décrite par Scott et Jeffrey. Les auteurs américains considèrent ce gisement comme étant du même âge que le Burlington limestone; cette formation et le Keokuk paraissent correspondre au Viséen inférieur d'après la faune de Goniatites et surtout d'Echinides qu'elles renferment [2].

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de la tensio-négativité sur la structure de la cellule végétale.* Note de M. **M. Mascré** et Mlle **A. Rollen**, présentée par M. Louis Mangin.

Si de nombreuses recherches ont été consacrées à l'étude du rôle de la tension superficielle dans les phénomènes biologiques, il ne semble pas qu'on ait étudié systématiquement l'influence de ces variations sur la structure même de la cellule. Sans doute des substances tensio-actives, comme

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 476.
(2) Delépine, *Congrès Soc. sav. Lille*, 1928, p. 131-137.

l'éther et le chloroforme ont été étudiées à ce point de vue [récemment encore par l'un de nous ([1])], mais l'action de ses substances est trop complexe pour que l'on puisse dégager nettement la part qui revient, dans leur action, à leurs seules propriétés tensio-actives. C'est pourquoi nous avons entrepris de nouvelles recherches en utilisant les octanols primaire et secondaire.

Des racines d'*Allium sativum* L., développées dans l'eau, sont immergées pendant un temps variable (quelques minutes à six heures) dans de l'eau saturée d'octanol. De telles solutions ont une tension superficielle statique de 32 à 36 dynes (eau distillée TS = 72 dynes). Elles renferment une proportion d'octanol généralement inférieure à un 1/10000e, ne dépassant jamais ce chiffre. Dans ces conditions, il nous apparaît que l'on peut rapporter au seul abaissement de la tension superficielle du liquide les modifications qu'on observe, après fixation et coloration, dans la structure de la cellule.

Les modifications observées sont les suivantes :

L'apparence des chromosomes est à peine modifiée; Ils conservent leur forme; on constate seulement parfois un léger gonflement et une tendance à la confluence entre chromosomes voisins. Les noyaux au repos et les noyaux en prophase chez lesquels les chromosomes n'ont pas achevé leur différenciation sont modifiés d'une façon beaucoup plus marquée. Ils diminuent nettement de volume, jusqu'à moitié environ; la membrane devient à peine distincte; le réseau nucléaire s'efface et l'on observe finalement une masse sensiblement homogène et légèrement sidéraphile. Les nucléoles tendent à disparaître; ils perdent leur homogénéité, prennent un aspect vacuolaire, se résolvent finalement en granulations sidérophiles qui, pour les expériences de longue durée (5 à 6 heures) peuvent elles-mêmes disparaître : on ne trouve plus, alors, traces de nucléoles. Assez fréquemment, il y a fragmentation ou étirement du noyau qui prend des formes pseudopodiques.

Le cytoplasme est à peine modifié. Contrairement à ce que l'on obtient avec l'eau éthérée ou chloroformée, il n'y a pas plasmolyse, ni granulisation marquée du cytoplasme et la structure vacuolaire de celui-ci reste sensiblement inchangée.

Le chondriome est très rapidement touché, au contraire. Il est détruit à peu près complètement en une dizaine de minutes. Les chondriocontes

---

([1]) M. MASCRÉ et P. PICARD, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 80, 1933, p. 326.

résolvent d'abord en granulations, comme l'un de nous l'a observé après action de l'éther ou du chloroforme (M. Mascré et P. Picard, *loc. cit.*). Puis apparaissent, par gonflement de ces grains, de très nombreuses vésicules, se colorant par les méthodes mitochondriales. Lorsque cette transformation est achevée, on ne voit plus dans la cellule que des grains et des vésicules. En même temps, il y a dédoublement des complexes lipido-protidiques (lipophanérose) et la cellule renferme de nombreuses inclusions osmisphiles dont il semble bien qu'un certain nombre, au moins, corresponde aux vésicules sidérophiles signalées précédemment.

Si, par quelques points, l'action de l'eau octanolée rappelle celle de l'eau éthérée ou chloroformée, elle en diffère cependant par l'absence de plasimolyse et de coagulation du cytoplasme, par la vésiculisation rapide des chondriocontes (par comparaison avec les expériences rappelées au cours de cette Note, du moins, car certains auteurs l'ont observée après action du chloroforme). Elle s'en distingue encore par l'absence de phénomènes d'adréolisation des noyaux prophasiques, par les phénomènes de dissolution du nucléole, ici plus fréquents et d'allure différente.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les formations cellulaires contenues dans le cytoplasme de* Bucegia Romanica *Radian*. Note (1) de M[lle] **Panca Eftimiu**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

La présente Note apporte une contribution à l'étude de la cellule d'une très rare hépatique vivant dans les hautes altitudes, *Bucegia Romanica*. La coloration vitale dans certains cas et surtout la fixation et les colorations classiques nous ont permis de préciser la position de toutes les enclaves cellulaires, soit dans le gamétophyte, soit dans le sporophyte.

Le *cytome* existe d'une manière générale dans toutes les cellules de la plante. Dans le jeune thalle, dans le massif cellulaire qui dérive de l'initiale anthéridienne, dans les spermatides, dans les cellules de l'archégone, dans les spores, le cytome se présente sous forme de petits granules ou cytosomes disposés surtout dans le cytoplasme pariétal. Dans la cellule de l'œuf et dans l'œuf mûr, les cytosomes très abondants se trouvent mélangés aux plastes. La forme sphérique est la forme normale, mais on en trouve aussi sous l'aspect de bâtonnets, ce qui pourrait laisser supposer

(1) Séance du 1er avril 1935.

l'existence d'une division à ce stade. Les cytosomes restent apparents très longtemps et nous avons pu les suivre dans toutes les cellules de la lignée spermatique jusqu'aux premiers stades de la formation de l'anthérozoïde. Il est intéressant de voir dans les cellules mères des spores, comment les cytosomes se groupent dans les quatre coins de la cellule; on a l'impression que le cytoplasme gagnant ces coins, entraîne un certain nombre des cytosomes pour les transmettre dans les cellules filles, au même titre que les noyaux.

L'étude du *plastidome* nous a fournit également de très bons résultats. Dans les cellules du point végétatif du thalle, c'est à peine si l'on peut distinguer les plastes des cytosomes. Dans ces jeunes cellules, les plastes ne contiennent pas d'amidon mais celui-ci ne tarde pas à se montrer. En effet, au fur et à mesure que la cellule s'accroît, les plastes deviennent plus gros et atteignent graduellement l'état adulte; en même temps ils commencent à produire de l'amidon qui apparaît sous forme de granules qu'on peut facilement colorer par l'eau iodée.

Les organes sexuels sont largement pourvus de plastes qui persistent durant toute l'évolution du tissu sporogène et spermatogène. C'est dans le dernier tissu qu'il a été plus difficile de suivre la destinée des plastes. Nous avons remarqué d'une façon précise dans les cellules spermatogènes et dans les cellules mères des spores, que la multiplication des plastes accompagne en général la division nucléaire. En effet, on voit ces plastes émigrer vers les extrémités du fuseau de sorte que la cellule en division transmet aux deux cellules filles un plastidome propre en même temps que les cytosomes, noyaux et probablement vacuoles.

L'existence du plaste ne peut pas être mise en doute, même dans la spermatide, où il apparaît d'une façon permanente, ainsi que dans l'anthérozoïde, où l'on peut suivre le petit grain amylacé très loin dans la maturation, comme d'ailleurs nous l'avons déjà indiqué (1).

Dans l'oosphère, l'œuf et les spores, les plastes sont discoïdes quand ils se présentent de face et fusiformes quand ils sont vus de profil; ces plastes sont assez nombreux et faciles à mettre en évidence.

Le *vacuome* est représenté par un nombre variable de petites vacuoles disposées sans ordre dans les cellules de la plante et renferment des précipitations métachromatiques simples ou agglomérées. Dans les cellules très jeunes du thalle, dans les cellules mères des spores et dans les spermatides,

---

(1) *Le Botaniste*, 25, 1933, p. 117.

les vacuoles sont réduites au point d'y être invisibles; par contre dans la spore elles sont beaucoup plus grandes et renferment de nombreuses endochromidies.

Dans le *Bucegia Romanica* comme dans la plupart des Marchantiées, les *corps gras* semblent cantonnés dans certaines cellules qui paraissent se spécialiser dans l'élaboration de ces corps et s'hypertrophient même dans ce but. Nous ne pouvons pas affirmer si elles sont seules capables de produire ces corps ou si cette substance élaborée par toutes les cellules est transportée sous une forme soluble dans les cellules indiquées pour s'y condenser. De toute façon, la présence des huiles a complètement échappé à l'observation dans le reste de la plante sauf dans l'œuf et les spores où le cytoplasme est bourré de globules osmiophiles souvent très gros. Dans le jeune thalle, les corps gras se présentent dans les cellules spécialisées sous forme de gouttelettes qui s'agglomèrent probablement pour former les gouttes volumineuses qu'on rencontre dans les cellules adultes de la plante.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les liens morphogénétiques entre la feuille et la tige dans les Dicotylées.* Note (1) de M. V. **Grégoire**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Toutes les données fournies dans une Note précédente (2) apparaissent comme les éléments, inséparablement liés entre eux, d'une unique morphogénèse, la morphogénèse de l'*axe feuillé*, tel qu'il s'observe dans la plupart des Dicotylées (3).

Nous pouvons, d'après cela, assigner une *portée morphogénétique*, au point de vue de l'édification de l'axe lui-même, à plusieurs caractères de la feuille, qui se montreront ainsi doués d'une valeur fondamentale.

1. On voit pourquoi le primordium foliaire *doit* être *bilatéral*: la construction même de la pousse feuillée dicotylée implique la formation de prodesmogènes foliaires *arqués*, entrant dans la constitution d'un anneau prodesmogénique. C'est du point de vue de ce lien morphogénétique entre primordiums foliaires et axe qu'il faut définir la symétrie propre de la

(1) Séance du 1er avril 1935.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1127.

(3) Les Gymnospermes peuvent se ranger ici avec les Dicotylées.

feuille et en apprécier l'importance : la bilatéralité est plus qu'un caractère général de la feuille, considérée en elle-même; cette symétrie appartient *fondamentalement* à la feuille naissante, en raison de la part qui lui revient dans l'édification de *cet ensemble* qu'est l'axe feuillé. Aussi la bilatéralité se conserve-t-elle toujours dans la base d'insertion des feuilles adultes.

2. On voit aussi pourquoi tout primordium foliaire *doit* se former *latéralement*, c'est-à-dire en dehors de la ligne axiale du sommet végétatif : en effet, le prodesmogène arqué qui, d'un primordium nouveau, se prolonge verticalement dans l'axe, grâce au soubassement foliaire, doit s'y raccorder, par ses bords, avec des arcs prodesmogéniques inférieurs, de manière à composer un anneau de prodesmogène. Ici encore, c'est du point de vue des corrélations morphogénétiques qu'il faut définir et apprécier la position latérale du primordium foliaire : cette position est plus qu'une donnée de fait; elle est *liée essentiellement* à l'édification de la pousse feuillée. Si, peut-être, l'idée d'un *organe foliaire*, considéré dans l'abstrait et isolément, est conciliable avec l'idée d'une origine apicale (nous visons ici une remarque de Gœbel), il y a, en tout cas, opposition fondamentale entre une localisation terminale et la portée architectonique du primordium foliaire, considéré comme une partie de l'ensemble morphogénétique d'où résulte une pousse feuillée dicotylée.

3. Enfin on comprend pourquoi l'*ordre d'apparition* des primordiums foliaires se montre si constant; pourquoi, d'abord, deux productions successives de primordiums sont toujours séparées par une période d'accroissement méristématique, sans qu'on voie jamais un cône végétatif réaliser complètement, avant toute formation de primordium, son développement méristématique, pour produire ensuite, en succession immédiate, un certain nombre de feuilles; pourquoi, en outre, les primordiums foliaires naissent toujours *en voie acropète*.

Ces deux traits, en effet, apparaissent maintenant, eux aussi, non plus comme de simples données de fait, mais comme liés à l'*intervention morphogénétique* des ébauches foliaires; ils sont essentiellement impliqués dans une production ordonnée de soubassements foliaires, elle-même fondamentale dans la morphogénèse des Dicotylées; ils sont la condition indispensable pour que des arcs prodesmogéniques folio-axiles puissent entrer, grâce à un tracé vertical, dans la composition d'un anneau prodesmogénique.

Toute notre interprétation trouve une confirmation dans le cas de l'*Hippuris*, cas tout particulier, cité trop souvent comme unique exemple

pour les Angiospermes. Le sommet végétatif de cette plante, en forme de cône allongé, ne manifeste pas l'alternance d'aire minimale et d'aire maximale; il ne grandit pas par soubassements foliaires; les feuilles naissent obliquement sur les flancs du sommet. Mais ce contraste avec la plupart des Dicotylées est corrélatif d'une différence radicale dans le type de structure : le système conducteur de l'axe, dans l'*Hippuris*, n'est pas formé d'un cercle de faisceaux; les faisceaux foliaires y confluent en un unique cordon central.

Les Monocotylées nous fourniront une autre confirmation. Elles nous donneront aussi l'occasion de rechercher ce qu'il y a de commun à toutes les Phanérogames, concernant les liens morphogénétiques entre feuilles et tige.

Ce que nous venons d'exposer, en résumé, éclaire d'une lumière nouvelle, la question de la valeur morphologique des organes floraux et de *l'axe floral;* on y trouve aussi des élements nouveaux pour l'examen des théories diverses qui attribuent aux feuilles une participation dans la constitution de la tige.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur les broussins de la Vigne* Note de M. **Louis Hédin**, présentée par M. Pierre Viala.

Plusieurs auteurs (Gœthe, H. de Lapparent, P. Viala, Prillieux, G. Delacroix, L. Rives) ont étudié la structure des broussins de la Vigne et les conditions qui déterminent l'apparition de ces proliférations, plus ou moins mamelonnées, sur les racines, le collet, les bras, les coursons et les longs bois.

L'analogie de structure anatomique entre les crown-galls, étudiés par Erwin Smith, J. Magrou, etc., et les broussins est certaine : même exagération de la prolifération de l'assise cambiale, même développement de stèles surnuménaires, presque uniquement constituées de parenchyme ligneux, à vaisseaux très fins et très courts, même renversement de polarité pour le liber par suite de la confluence des éléments ligneux formés. C'est le mécanisme même de la formation des bourgeons multiples (W. Russel, 1893); le liber emprisonné entre les bourgeonnements ligneux ne tarde pas à se résorber et la cavité ainsi constituée se remplit partiellement de matières gommeuses; des déchirures séparent les divers éléments libéro-ligneux ainsi formés.

La macération du tissu des broussins dans un indicateur de pH (carmin de cochenille, 1^g; dioxyanthraquinone, 7^g; trioxyanthraquinone, 1^g; *Rubia tinctoria*, $1^g,30$; alcool à 95 pour 1000) nous a révélé un suc cellulaire très nettement plus acide que celui des tissus voisins ou que les jeunes sarments du même âge. Cette acidité est révélée également par l'abondance des raphides d'oxalate de calcium monohydraté qui prend naissance dans les cellules là où se trouve un excès d'acide oxalique par rapport au calcium. Nous avons également mis en évidence la présence d'acide tartrique.

La réaction acide du suc cellulaire du broussin rend compte de ce fait que bien que cette tumeur s'enrichisse constamment en tanin, comme nous l'avons constaté, elle ne s'entoure d'aucune formation subéreuse, pour laquelle une réaction alcaline serait nécessaire (Herklets, 1924; Priestley, 1921, 1929). Il en est de même de la difficile lignification du broussin; également, la condensation des sucres en amidon est peu marquée et localisée au parenchyme ligneux de la tumeur, contrairement à ce qui se passe dans les sarments où nous avons constaté l'existence de grains d'amidon jusque dans les fibres ligneuses et libériennes.

Nous avons observé sur certains sarments l'existence de tumeurs filles, voisines du broussin initial, formé au niveau du nœud, reproduisant la même structure que celui-ci.

Tout récemment, M. L. Rives (1), après une critique judicieuse des hypothèses émises pour attribuer, soit à l'action du froid, soit à une destruction importante des bourgeons, le développement de ces proliférations anormales de tissu, a montré qu'elles se manifestaient à des points de particulière abondance des oxydases; en fait, on sait que des broussins ont été constatés sur la rafle de la grappe, particulièrement riche en oxydases.

L'origine bactérienne de ces tumeurs à également été envisagée, mais il ne semble pas que l'inoculation du *Bacterium tumefaciens* ait réussi jusqu'ici à reproduire le broussin.

En dehors de l'action mécanique d'une blessure, ou physique du froid, ou diastasique, ou bactérienne, nous avons recherché s'il n'était pas possible de trouver dans la composition même de cette tumeur et son métabolisme une explication de son développement.

L'analyse de nombreux échantillons nous a conduit à préciser ainsi la teneur des broussins en certains éléments chimiques.

Composition pour 100 de matière sèche; cendres, 5,3 à 6,6; silices et

---

(1) *Revue de Viticulture*, 4, avril 1935, p. 213.

silicates, 60 à 35 pour 100 des cendres; CaO, 0,280 à 1,1; MgO, 0,021 à 0,130; K^2O, 1,6 à 1,9; P^2O^5, 0,09 à 0,11; Fe, 0,024; Cl, 0,015; Mn, O.

Ces chiffres sont très sensiblement différents de ceux qui représentent la composition du sarment normal, notamment par leur teneur relative en CaO et K^2O; ils sont, par contre, à rapprocher de ceux de la pulpe du raisin, que l'on peut considérer comme une galle, résultant du mécanisme même de la fécondation (cf. M. Molliard, *La composition chimique des galles*).

Notons également l'analogie de composition que nous avons constatée entre le broussin et le bourrelet de greffe, dont l'évolution a beaucoup de points communs, comme l'avait constaté M. P. Viala (*Les Maladies de la Vigne*, 1893). La teneur très élevée du broussin en silice et silicates correspond à une circulation active de la sève à cet endroit.

Nous voulons retenir également la pauvreté du broussin en phosphore, en magnésie, par suite de l'absence de chlorophylle dans cette tumeur et aussi de la faible teneur en calcium. L'exagération de la teneur en potassium, élément radioactif, abondant dans les cancers animaux, est également remarquable; ce potassium, engagé dans des combinaisons organiques acides, est presque insoluble. Quant à la richesse du broussin en fer, elle elle est plus élevée que celle du sarment (mérithalle, 0,009; nœud, 0,012 pour 100 de la matière sèche); elle est voisine de celle du raisin (1,5 à 2 pour 100 des cendres). On sait que le fer sert de substance complémentaire active à certaines oxydases.

L'abondance du chlore dans le broussin (mérithalle, 0,0015; nœud, 0,0005) est peut être en liaison avec la migration des glucides (Nobbe) ou bien on doit peut-être la considérer, comme le pense Tottingham (1918), comme un stimulant enzymatique. L'activité cellulaire du broussin est peu à peu inhibée par son enrichissement en tanin.

CYTOLOGIE. — *Sur l'inexistence de la membrane nucléaire.*

Note de MM. **Basile Luyet** et **Ruth Ernst**, présentée par M. Félix Mesnil.

On sait que la membrane nucléaire, décrite par les premiers cytologistes comme une véritable pellicule, a été considérée plus tard par plusieurs (en particulier par van Beneden, en 1883) comme une simple surface de séparation sans consistance. Plus récemment M. R. Chambers a montré que la membrane nucléaire résiste à la pression et à la traction et même

qu'on peut la déchirer ([1]). Ses travaux ont redonné du poids à l'opinion, de nouveau courante, d'une *véritable* membrane.

Nous avons décrit ailleurs ([2]) comment, en centrifugeant des racines d'onion avec une force équivalente à 30000 fois la force de la pesanteur, le noyau s'allonge et la membrane nucléaire présente des particularités difficilement conciliables avec l'idée d'une véritable pellicule. Depuis la publication de cette Note, nous avons réussi à partager, par centrifugation, le noyau en deux parties : une partie lourde qui tombe au fond de la cellule et une partie légère en forme de sphérule, qui se déplace en direction centripète ([3]). La partie lourde contient la chromatine et les nucléoles; la partie légère est faiblement granulée et semble consister surtout en caryolymphe. Le but de la présente communication est de décrire l'état de la membrane dans les noyaux ainsi divisés et d'en discuter la signification.

Autour de la portion de noyau séparée par la force centripète, il y a une membrane aussi nette qu'autour de la portion déposée au fond de la cellulle. Dans les deux cas, on observe une ligne continue parsemée de fines granulations (nos préparations étaient fixées au Bouin-Allen et colorées à l'hématoxyline au fer). On ne remarque ni cassure ni cicatrice le long de cette ligne. La membrane, par endroits, est plus épaisse, mais c'est lorsque la tranche coupée par le microtome intéresse une plus grande épaisseur de la masse nucléaire; en d'autres termes, la membrane paraît plus forte quand elle est vue sur une plus grande épaisseur de tranche.

Si le noyau, avant de se scinder en deux parties, possédait une membrane résistante et déchirable, on conçoit difficilement que cette dernière se soit déchirée sans laisser de trace de la déchirure et que la partie de la membrane manquant dans chacune des deux portions ait été régénérée sans laisser apparaître de cicatrice ni de différence d'épaisseur.

Il est possible que le contenu de la sphérule légère ait filtré au travers de la membrane sans que celle-ci ait eu à se briser pour lui livrer passage, mais alors nous devons supposer qu'une nouvelle membrane, en tout semblable à la membrane originelle, s'est formée autour d'un noyau mutilé et réduit presque exclusivement au suc nucléaire.

L'ensemble des faits observés par nous semble pouvoir s'expliquer beaucoup plus naturellement si nous supposons que le noyau et le cytoplasme

---

(1) *Biol. Bull.*, 41, 1921, p. 319.

(2) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 31, 1934, p. 1226.

(3) *Biodynamica*, 2, 1934, p. 8.

se comportent comme deux fluides non miscibles. Le pouvoir d'adsorption de leurs surfaces de séparation pour les particules de colorants histologiques expliquerait l'illusion de pellicule que présentent les préparations colorées. Parmi les effets de traction et de pression, plusieurs seraient explicables par la tension interfaciale et le degré élevé d'immiscibilité des deux fluides. Les déformations du noyau, sa séparation en parties et les particularités que présente la surface de ces parties ressemblent, sous plusieurs points de vue, aux phénomènes que l'on peut observer en manipulant une goutte d'huile lourde dans de l'eau contenant de fines particules colorantes en suspension.

L'ensemble de nos observations parle donc en faveur de l'inexistence d'une membrane nucléaire au sens classique du mot.

PHYSIOLOGIE. — *Persistance du choc anaphylactique chez le Chien à moelle détruite.* Note de MM. **Henri Hermann**, **Georges Morin** et **Joanny Vial**, présentée par M. Charles Richet.

Quoiqu'ayant fait l'objet de nombreux travaux, le mécanisme du choc anaphylactique demeure discuté. Alors que certains le croient d'origine cérébrale, d'autres estiment, au contraire que les centres encéphaliques ne participent pas à sa production. Le fait que la décapitation, ou l'ablation du cerveau et du bulbe laissent persister la crise anaphylactique autorise à écarter la première des opinions, mais, ne permettant pas d'éliminer l'intervention de la moelle, il laisse indécise la question de l'action centrale ou périphérique de l'apotoxine. C'est pourquoi nous avons recherché si les divers phénomènes de l'anaphylaxie se produisent encore sur des chiens privés de la presque totalité de la moelle épinière.

Première expérience. — Un chien est préparé au sérum de cheval. Les délais de la sensibilisation accomplis, on détruit dans la matinée, sous anesthésie au chloralose, sa moelle épinière depuis le cône terminal jusqu'à la première paire thoracique en procédant comme nous l'avons indiqué précédemment [1]. L'opération terminée on pratique une abondante injection intraveineuse de sérum salé glycosé isotonique, puis on réchauffe l'animal dans une couveuse convenablement réglée. Au cours de l'après-midi, lorsque ce chien commence à se rétablir, on sectionne les deux nerfs

---

[1] *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 487 et *C. R. Soc. de Biol.*, **117**, 1934, p. 967.

vagues au niveau du cou et on enregistre sa pression artérielle et les mouvements de sa respiration thoracique. On lui injecte alors 5$^{cm^3}$ de sérum de cheval dans une veine jugulaire. Tandis que chez les chiens témoins à moelle détruite de même manière, l'injection de cette dose ou d'une dose double détermine seulement une élévation passagère de la tension artérielle, chez le chien préparé, elle accélère la respiration et abaisse progressivement la pression carotidienne. Celle-ci atteint rapidement sa plus faible valeur, s'y maintient pendant plus d'une heure, puis retrouve lentement sa valeur primitive.

En conséquence, malgré la destruction de la moelle dorso-lombo-sacrée, et des centres vaso-moteurs qu'elle contient, malgré que tous les vaisseaux de l'économie soient entièrement privés de leurs connexions avec l'encéphale, l'hypotension artérielle, élément caractéristique des états de chocs, se produit exactement comparable à celle que l'on observe chez le chien sensibilisé au sérum de cheval et à névraxe intact.

Deuxième expérience. — Les manifestations anaphylactiques de l'expérience précédente étant très diminuées par l'emploi du chloralose, nous avons modifié les conditions expérimentales de façon à éviter l'influence de ce facteur défavorable à l'apparition du choc. On détruit aseptiquement la moelle dorso-lombaire et sacrée d'un chien sensibilisé au sérum de cheval, puis on lui donne les soins nécessaires à sa survie. Trois jours après l'opération, l'animal est en bon état; il présente un syndrome oculaire de Claude Bernard absolument typique. On enregistre la pression artérielle et le pneumogramme, puis, après avoir placé une canule dans la trachée, on sectionne les deux nerfs vagues au cou. Lorsque pression et respiration se sont stabilisées, on injecte brusquement 5$^{cm^3}$ de sérum de cheval dans une veine jugulaire. Une minute après cette injection l'animal présente des convulsions dans son train de devant; il raidit ses pattes et sa nuque en extension et claque fortement ses mâchoires. Par contre les membres postérieurs demeurent inertes et contrastent par leur immobilité avec les membres antérieurs. En même temps qu'apparaissent les convulsions, la respiration s'accélère et devient dyspnéique; le pouls est rapide, petit, filant; la pression artérielle fléchit et gagne en quelques minutes le niveau de 2^{cm}Hg dont elle ne se relèvera pas. A ce moment les reflexes cornéens et tendineux du train antérieur ont disparu; mais la pupille demeure rétrécie. Il ne se produit ni vomissement, ni évacuation d'urine ou de matières fécales. A la sixième minute, la respiration s'arrête pendant 70 secondes, puis elle reprend suivant un rythme ralenti et progressivement affaibli. Un

quart d'heure après l'injection déchaînante, la pupille se dilate brusquement et les mouvements respiratoires cessent. Le cœur bat encore mais il faiblit rapidement et s'arrête à la dix-huitième minute de la crise. A l'autopsie, on fait les constatations suivantes : 1° la dure-mère spinale est entièrement vide de substance nerveuse jusqu'à la première dorsale; 2° les viscères abdominaux sont très congestionnés; 3° il existe de très nombreuses suffusions hémorragiques de l'estomac et de l'intestin; ceux-ci contiennent de la bille en abondance; 4° la vessie renferme 200^{cm^3} d'urine; mais le rectum et le gros intestin sont vides; 5° les poumons sont très congestionnés; le cœur est très dilaté et contient du sang noir dans ses quatre cavités.

En résumé, ce chien est mort d'un choc anaphylactique ayant entraîné l'asphyxie; la vaso-dilatation abdominale s'est produite malgré la destruction de la moelle et l'abolition complète des relations entre les vaisseaux et les centres bulbo-encéphaliques. Toutefois, en raison de la destruction médullaire, certains phénomènes anaphylactiques (convulsions des membres postérieurs, dilatation pupillaire, vomissements, évacuation vésicale) manquent au tableau.

Conclusion. — Le choc anaphylactique se produit encore chez le Chien dont la moelle dorso-lombo-sacrée est complètement détruite et dont les nerfs vagues sont sectionnés au cou. Si l'on rapproche cette constatation du fait que l'hypotension anaphylactique apparaît aussi bien après l'ablation du cerveau et du bulbe, on voit que l'élément dominant la crise, la vaso-dilatation abdominale, relève d'un mécanisme essentiellement périphérique. Il apparaît toutefois que certaines manifestations du choc sont d'origine centrale, en sorte que, si l'apotoxine exerce ses effets vasculaires en agissant à la périphérie, elle porte également son action sur les centres nerveux ainsi que l'a indiqué Ch. Richet dès 1902.

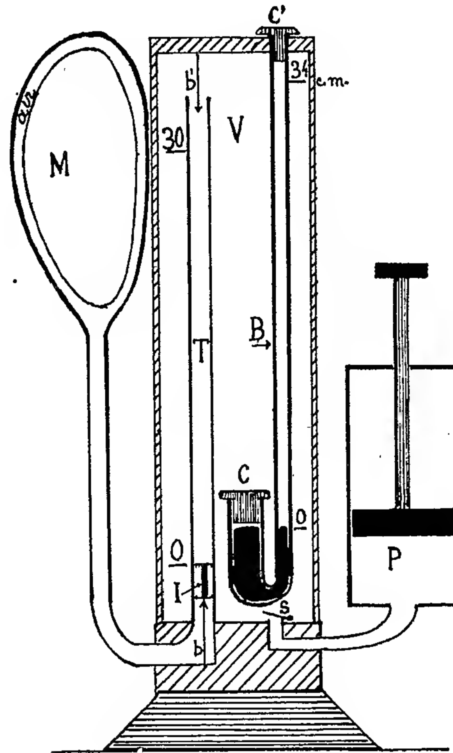
PHYSIOLOGIE. — *La mesure de la pression artérielle.*
Note de M. **Pierre Noguès**, présentée par M. Charles Richet.

Dans les oscillomètres dont le prototype est l'oscillomètre de Pachon, une capsule très sensible, communiquant avec un manchon explorateur, transmet à une aiguille amplificatrice les variations de pression produites dans le manchon par chaque afflux de sang dans les artères sous-jacentes.

L'amplitude maximum de l'oscillation de l'aiguille (indice oscillomé-

trique de Pachon) est donc fonction de ces variations de pression et dépend en partie du volume d'air contenu dans le manchon. L'indice varie en raison inverse de ce volume d'air, toutes choses égales d'ailleurs.

L'appareil décrit ci-dessous est lui-même une sorte d'oscillomètre, mais



il a ceci de particulier que l'amplitude d'oscillation de son index dépend non plus d'une variation plus ou moins importante de pression mais du déplacement d'un certain volume d'air; ce volume déplacé étant égal, à très peu de choses près, au changement de volume dans les artères sous-jacentes, sous l'influence des variations de la pression sanguine.

Il se compose d'un manchon explorateur M, communiquant par un tube de verre T avec un grand volume V. Une pompe P permet de faire varier la pression du système clos M. T. V. Un manomètre B mesure cette pression.

Dans le tube T, peut se mouvoir entre deux butées *b b'* un petit index I, sorte de petit piston quasi-étanche et si léger qu'il peut être entraîné par

l'air passant de M vers V ou inversement. Le tube T est gradué en fractions connues de centimètres cubes.

Sous l'influence de la pulsation cardiaque, le volume de sang contenu dans les artères comprimées par le manchon augmente et une certaine quantité d'air est chassée du manchon M vers le grand volume V et entraîne l'index I. La résistance de l'index au mouvement est négligeable, son poids étant environ 2^{cg} et sa surface relativement importante. L'augmentation de pression dans le système clos est elle-même négligeable, le grand volume V étant très grand par rapport à M. On peut donc dire que la contre-pression exercée par le manchon est une force constante qui ne subit aucun changement appréciable du fait des pulsations cardiaques.

Si, partant d'une pression nulle, nous comprimons progressivement de l'air dans le système clos M. T. V., l'index indique des changements de volume de plus en plus grands à chaque pulsation et atteint, à un moment donné, un maximum d'amplitude.

Il est évident que c'est au moment où l'index atteint cette amplitude maximum, que les variations de la pression sanguine ont le plus d'effet sur la contre-pression antagoniste. Il est donc permis de croire que ce moment précis est celui où la paroi artérielle, intégralement remplacée par le manchon, est réduite à l'état de cloison limitante, sans effet antagoniste propre. La contre-pression est alors exactement égale à la pression latérale du sang sur la paroi artérielle, donc à la *maxima hydrostatique*, celle qu'indiquerait un piézomètre qui serait mis en dérivation sur l'artère en ce point.

Si l'on augmente progressivement au-delà de cette limite la contre-pression dans le système clos M. T. V., l'amplitude des oscillations de l'index diminue de plus en plus et tend vers zéro.

C'est cette valeur limite que l'on considère habituellement comme étant le maximum de la pression sanguine. C'est en réalité un effet d'inertie superposé à la *maxima hydrostatique*, véritable maxima normal.

Le sang possède en raison de sa vitesse et de sa masse une énergie cinétique qui, à l'état normal, va s'amortir dans le réseau capillaire. Cette énergie cinétique se transforme, en totalité ou en partie, suivant l'intensité de la contre-pression, sous l'influence du barrage constitué par le manchon, en énergie potentielle, c'est-à-dire en pression, par un mécanisme analogue à celui du bélier hydraulique. Elle est complètement transformée quand le barrage est complet. C'est une *surtension* artificielle d'origine *balistique*.

La *maxima hydrostatique* atteint à chaque pulsation une valeur égale, sous le manchon, dans tout l'organisme. L'appareil ci-dessus décrit permet

de la mesurer avec une approximation de 1 à 2 millimètres de mercure. Les valeurs que l'on mesure habituellement sous le nom de maxima et de minima varient avec la région explorée. Elles semblent ne dépendre que de la masse sanguine intéressée par le manchon. Elles varient simultanément et en sens inverse par rapport à la *maxima hydrostatique* telle qu'elle est définie plus haut.

CULTURE DES TISSUS. — *Persistance de la fonction sécrétrice de la cellule entoblasto-vitellogène au cours de ses transformations* in vitro. *Le macrophage vitellogène.* Note de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. Félix Mesnil.

L'obtention de la culture pure de l'entoblaste avasculaire de la vésicule ombilicale, chez le poulet, a permis de démontrer que ce tissu fait preuve d'une activité glandulaire : il sécrète du vitellus suivant le mode mérocrine ([1]). Mais, bien que d'origine et de structure épithéliale, ce tissu subit une transformation obligée ([2]) : les cellules épithéliales, normalement éphémères, prennent progressivement la forme et les propriétés des fibrocytes dont la vie est indéfinie *in vitro*. De tels fibrocytes conservent la fonction des cellules épithéliales : ils sont dépourvus de vitellus lorsqu'ils se multiplient activement, mais ils en élaborent quand leur croissance est ralentie par la supression de l'extrait d'embryon dans le milieu de culture. Ce fait apporte une démonstration supplémentaire de la pureté des souches transformées en fibrocytes. Dans une deuxième transformation possible, la cellule que j'ai nommée vitellogène, donne naissance, au stade épithélial, à de nombreux macrophages. Il s'agit d'un procédé de multiplication direct, sans qu'il y ait de caryocinèses ([3]). Ceci a été établi par des observations longuement poursuivies sur le matériel vivant et vérifiées par les méthodes microscopiques.

Ces macrophages peuvent contenir un peu de vitellus au moment de leur libération, mais ils le digèrent bien vite. De telles cellules sont-elles

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1140-1141; *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 1314 et 1315-1316.

([2]) *C. R. Assoc. Anato.*, 28e réunion, 1933, p. 655-669; *Arch. f. exp. Zellforsch.*, 15, 1934, p. 131-148.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 117, 1934, p. 758-760.

réellement des macrophages? Tout le démontre : l'analyse cytologique complète, l'enregistrement cinématographique de leur comportement et de leur mode de locomotion, leur propriété d'accumuler le trypanobleu, le carmin lithiné, de phagocyter de l'encre de Chine ou des érythrocytes de poulet, de donner enfin des cultures secondaires pures de macrophages qui se nourrissent seulement aux dépens des protéines du sérum et se multiplient par caryocinèses.

J'ai considéré le macrophage, d'autre part ([1]), comme une cellule paraissant résulter du passage d'ordre thixotropique à l'état actif, d'une cellule ou d'une partie du matériel cellulaire à l'état quiescent, dont les protéines ont subi très probablement une dénaturation physiologique avec libération de groupements sulfhydrylés liés à des substances insolubles. Enfin des recherches sur le déterminisme de la transformation en macrophages ont permis de provoquer expérimentalement ce phénomène dans une forte proportion de cas.

L'observation s'offrait donc, pour la première fois, de la transformation, à l'état actif de macrophage, d'une cellule glandulaire dont la sécrétion figurée, comme le vitellus, est identifiable. Une question, qui semble importante du point de vue de la Biologie générale se posait : Y-a-t'il persistance de la fonction vitellogène au cours de ce phénomène de multiplication transformatrice, qui s'effectue sans que la chromatine se dispose en chromosomes?

Les cultures secondaires des macrophages dont il est question s'entretiennent seulement avec du plasma hépariné ou du sérum. On ne peut donc pas provoquer un ralentissement de la croissance pour favoriser les élaborations des cellules puisqu'on ne se sert pas d'extrait embryonnaire. Laissons donc simplement évoluer les cultures. Nous assistons, lorsque la multiplication des macrophages se ralentit d'elle-même, à des phénomènes tout à fait comparables à ceux qui ont été décrits chez les fibrocytes vitellogènes en croissance ralentie.

La coloration vitale au rouge neutre ne met en évidence, chez les macrophages dépourvus de vitellus, que des vacuoles non polarisées, plus grosses et plus nombreuses que celles des fibrocytes, situées autour du noyau et dans l'endoplasme. Ces vacuoles sont souvent disposées autour d'une centrosphère qui coïncide avec une zone active. Celle-ci est constituée par des lipoïdes diffus, quelques chondriocontes et, surtout dans sa région

(1) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 886-888.

périphérique, par de petits grains de sécrétion, basophiles, qui apparaissent dans la zone des vacuoles. Dans l'endoplasme sont des chondriocontes assez nombreux, à disposition générale rayonnée, grêles comme ceux des fibrocytes, mais plus courts. Ils ne présentent jamais de figures de vésiculisation. Les grains grossissent, leur basophilie disparaît progressivement tandis qu'ils se chargent de lipoïdes. Finalement l'endoplasme est rempli de grains jaune doré formés d'un complexe où l'on peut mettre principalement en évidence des lécithines, des protéines et du fer. Il s'agit des mêmes grains de vitellus que ceux qui sont élaborés par la cellule vitellogène. Dans la suite ces grains prennent le rouge neutre, ils sont digérés puis réduits en graisses. Ils peuvent aussi être libérés par les macrophages.

Ces expériences, qu'on peut refaire à volonté *in vitro*, prouvent qu'une fonction cellulaire différenciée peut se conserver lors du passage à l'état de macrophage : la cellule vitellogène élabore du vitellus à l'état de macrophage. Cependant une telle transformation est accompagnée d'un véritable bouleversement de l'architecture cellulaire, d'un changement du mode de locomotion et de nutrition, de l'apparition de propriétés nouvelles comme la colloïdopexie et la phagocytose. Elle résulte de plus d'un processus de multiplication directe, sans que la chromatine se dispose en chromosomes.

EMBRYOLOGIE GÉNÉRALE. — *Une théorie nouvelle du développement : l'épigenèse physiologique, ou théorie des chaînes de fonctions.* Note [1] de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'*épigenèse physiologique* est fondée sur l'existence, dans le développement des Vertébrés anamniotes (Poissons, Amphibiens) et spécialement d'un Amphibien anoure, *Discoglossus pictus* Otth, d'une suite ordonnée de fonctions transitoires, qui correspondent chacune à une forme, à une structure définie, à une étape précise de l'ontogenèse et dont les manifestations successives semblent exprimer une série parallèle de modifications chimiques de la matière vivante.

Spemann, après avoir découvert (1916-1918) et étudié la fonction organisatrice du germe, formula la loi épigénétique de l'*organisation progressive*; néanmoins, il admit, avant la gastrulation, la préformation du centre organisateur, considéré comme une localisation germinale, comme un

[1] Séance du 1er avril 1935.

territoire organo-formateur doué de différenciation autonome. A sa suite, la majorité des embryologistes accepta l'alliance de la préformation et de l'épigenèse (Conklin, 1933). L'étude des mécanismes fonctionnels qui mènent à la gastrulation fut délaissée; du moins, leur exploration ne fut abordée que d'une manière indirecte par l'épreuve des *gradients* (Child). Mais celle-ci n'atteint pas la fonction en elle-même, n'indique ni sa nature ni son objet, et traduit seulement le degré et l'orientation de son activité; ses renseignements sont loin de valoir les données directes tirées de la simple observation, quand celle-ci est aussi fructueuse que chez les Amphibiens. L'épigenèse physiologique lie la fonction au territoire et se garde d'opérer celui-ci avant de connaître celle-là.

Un grand nombre de fonctions transitoires ont été déjà signalées chez le Discoglosse. Ce sont, pour la lignée somatique, et dans l'ordre de leur succession (1) : 1° au stade de maturation, la formation des enveloppes tubaires de l'œuf vierge, par une enzyme d'origine probablement nucléaire; 2° l'attraction électrostatique des gamètes dans la fécondation (Hope Hibbard); 3° la dissolution de la trame spongioplasmique ovulaire par l'acrosome spermien; 4° la liquéfaction de la membrane tubaire interne par une enzyme du liquide périvitellin, probablement d'origine protoplasmique; 5° la mise en place des substances ovulaires, par des courants plasmiques, circulant sur la face de l'œuf opposée au spermaster (symétrie bilatérale, centre initiateur) et, après la régression de celui-ci, l'apport concentrique, et pourtant privilégié d'un côté, du plasma au noyau (orientation du premier fuseau de division); 6° au cours de la segmentation, la fonction du centre initiateur et la formation du champ blastuléen d'induction mitogénétique; 7° au début de la gastrulation, la formation du centre organisateur dans le premier segment de ce champ enroulé à l'intérieur de l'œuf, puis l'organisation progressive et centrifuge de l'embryon, par la combinaison des deux inductions mitogénétique et organisatrice; la première est responsable des divisions, proliférations, contractions et déplacements des éléments en directions diverses (gastrulaire, de ligne primitive, de bourgeon caudal); la seconde opère, à temps, la détermination des organes, par contact direct entre les cellules, aux lieux requis par la précédente; 8° à l'éclosion, la

(1) Voir bibliographie : *Arch. Zool. exp. et gén.*, **75**, 1933, p. 501-539; *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 602, et **198**, 1934, p. 1181; *C. R. Soc. Biol.*, **115**, 1934, p. 1575 et 1580, et **116**, 1934, p. 694.

digestion de la coque par des glandes cutanées monocellulaires ([1]); 9° l'irritabilité ectodermique aneurale, permettant à l'ectoderme de recevoir et de conduire une excitation en dehors du système nerveux ([2]); 10° la première métamorphose du têtard (formation des branchies internes); 11° la métamorphose définitive. Dans la lignée germinale, les fonctions initiatrice et organisatrice sont remplies par les gonocytes primordiaux ([3]).

Des fonctions transitoires isolées ont été découvertes chez d'autres animaux. La fonction 1 de l'énumération précédente existe chez les Sélaciens ([4]); la fonction 4 existe chez les Urodèles ([4]). La fonction 8 est très répandue (Téléostéens, Sélaciens, Amphibiens, Céphalopodes ([5]). Chez les Sélaciens, les myotomes présentent, avant leur liaison nerveuse, une contraction rythmée aneurale ([6]) et la fonction nerveuse définitive est précédée de la fonction des cellules nerveuses de Rohon-Beard ([7]).

La plupart de ces fonctions sont partielles et locales et dérivent, soit de facteurs de position et de constitution, soit d'influences de voisinage et de milieu. Cependant toutes font partie d'un état général constitutionnel, c'est-à-dire d'un système de régulation et d'équilibre, où chaque organe acquiert, à temps donné, une place, une qualité et une mesure déterminées. La formation du centre organisateur, qui suit le passage de la lèvre blastoporique dorsale de l'extérieur à l'intérieur de l'œuf, dépend sans doute d'un simple changement de milieu; mais le remaniement sur place d'organes déjà construits, tels que la peau, le système nerveux, les branchies, tient à un changement de régime humoral.

L'état larvaire est la période mouvementée de ces changements constitutionnels; c'est le temps où naissent les glandes endocrines. Par contre, les premières phases du développement paraissent se dérouler, jusqu'à l'éclosion, sous un régime stable : c'est l'époque des déplacements, des mises en place, des changements de forme et, partant, des modifications locales de voisinage et de milieu, susceptibles de transformer localement une fonction; c'est aussi le moment où les enclaves ovulaires (paraplasma) sont utilisées localement pour l'élaboration des inductions embryonnaires édificatrices.

(1) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 421.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 57, 1904, p. 645 et 83, 1920, p. 1212.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 694.
(4) *C. R. Soc. Biol.*, 117, 1934, p. 664.
(5) *C. R. Ass. des Anatomistes*, 23e Réunion, Prague, 1928, p. 496-504.
(6) *Arch. Zool. exp. et gen.*, 60, 1920, p. 222-459, 1 pl. et 39 fig. dans le texte.
(7) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 1082.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Orientation et pyroélectricité des cristaux de phosphates ammoniacomagnésiens dans les concrétions calculeuses des reins et de la vessie.* Note de M. **Émile Pillet**, présentée par M. Charles Fabry.

L'idée de faire des coupes minéralogiques dans les calculs des reins devait, à titre de méthode nouvelle, apporter des faits nouveaux [1]. Nous n'étudions ici que les calculs de phosphates ammoniacomagnésiens.

Deux faits sont intéressants :

1° *Ces cristaux sont pyroélectriques*;

2° *On les trouve orientés, sur un noyau d'acide urique, en une couronne radiaire, qui témoigne de leur polarisation électrique spontanée.*

Les calculs de phosphates présentent deux variétés :

a. Calculs composés exclusivement de phosphates;

b. Calculs à noyau primitif (d'acide urique ou d'oxalate) déposés pendant une période où les urines, limpides et acides, ont un pH de 6,6; puis revêtement secondaire de phosphates, déposés dans une deuxième période où les urines purulentes et alcalines ont un pH de 8,2. C'est la première assise de ce revêtement qui est orientée.

Dans les calculs purs on trouve encore ces cristaux groupés en arête de poisson et en éventails, non seulement dans le plan de la coupe, mais dans l'espace, puisqu'on les retrouve sur des coupes diverses.

Ces concrétions organiques s'accroissent par couches superposées et concentriques. Chaque couche est constituée par des cristaux agglutinés par un ciment de débris organiques, qui tombent sous l'action contondante du calcul.

Un fragment de calcul, gros comme un pois, doit macérer pendant 5 jours, dans une solution d'acide chlorhydrique au 1/10, pour que les cristaux inclus dans la gangue organique soient dissous. Les tissus des reins et de la vessie seraient plus vite attaqués par les acides que ce ciment. D'où l'impossibilité de dissoudre la *pierre* sur place.

Analyse physique au microscope polarisant. — Ces cristaux de phosphates, étant rhombiques, ont deux axes optiques; mais ils sont microscopiques et souvent sectionnés partiellement par la coupe. Aussi n'aperçoit-on jamais à la fois qu'un seul de leurs deux axes. On les différencie d'ailleurs aisément des figures d'uniaxes, les bras rectilignes de la croix se déplaçant parallèle-

---

(1) Nos premières coupes ont été réalisées en 1927.

ment à eux-mêmes dans les uniaxes et étant remplacés dans les biaxes par un segment d'hyperbole. Ces figures d'axes de biaxes sont de petites dimensions, aussi leurs lemniscates paraissent-elles sous forme de petites cibles concentriques traversées par une ligne neutre fine, en queue de comète. Il n'est pas rare, tant ces cristaux de nature diverses sont parfois entassés les uns près des autres, de voir un axe de biaxe au milieu du quadrant d'un uniaxe.

L'analyse physique au microscope polarisant met en évidence des caractéristiques précises, pouvant contrôler l'analyse chimique. Car, si les phosphates sont biaxes, les oxalates sont uniaxes positifs, les carbonates de calcium et la cystine sont uniaxes négatifs. Contrairement à tous les autres cristaux urinaires (ou biliaires), qui sont très biréfringents, les phosphates le sont peu; ils sont souvent grisâtres, à moins que leur épaisseur ne leur donne un blanc d'ordre supérieur.

Ces cristaux appartiennent au système rhombique dont ils représentent une antihémiédrie, leur symétrie étant $L_2P'P''$. Ils n'ont plus qu'un axe hémimorphe. Leur prisme porte donc deux terminaisons différentes (une arête et un rectangle). Ils n'ont pas de centre.

Ce sont les conditions physiques suffisantes pour l'apparition des propriétés pyroélectriques. Pasteur, dans ses *Études sur la dissymétrie moléculaire*, note que les cristaux d'acide tartrique (hémiédrie monoclinique) *sont déjà pyroélectriques à la température de la main.*

Il fallait étudier la pyroélectricité avec plus de précision que ne l'avait fait Kalkowsky avec les seules poudres colorées; c'est ce que M. Malassez a réalisé, à notre demande, sur un cristal naturel de phosphates dont les indices étaient n_g 1,504; n_m 1,496; n_p 1,495. Densité 1,72 (M. Lacroix). Il a montré que sa constante était du même ordre de grandeur que celle de la tourmaline.

De très petites variations de température, *de l'ordre de quelques centièmes de degrés*, suffisent à faire apparaître des charges électriques facilement décelables à l'électromètre. Ces cristaux existent, par centaines, dans le sédiment des urines alcalines des malades atteints des suppurations des reins ou de la vessie. Ils s'agglomèrent parfois en des calculs volumineux, constituant de vrais moulages de leurs cavités excrétrices. Ces malades présentent de violents accès de fièvre urineuse, inscrits sur la courbe de température en grandes oscillations s'étendant de 36°,5 à 40°,5. Leur sensibilité pyroélectrique extrême doit jouer un rôle dans des cavités anfractueuses où ils sont, de temps à autres, mis à sec.

Les récidives calculeuses rapides, dans certaines vessies vraiment pétrifiantes, peuvent s'expliquer par les attractions que ces cristaux exercent entre eux, ainsi que sur les matières organiques. En effet les coupes pétrographiques de calculs mixtes peuvent montrer que ces cristaux sont orientés, sur un noyau primitif, en une couronne radiaire.

SPECTROCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les spectres de fluorescence des phéophorbides.* Note de M. CHARLES DHÉRÉ et M[lle] ANNE RAFFY, présentée par M. Louis Lapicque.

Les phéophorbides constituent des termes particulièrement intéressants dans l'étude de la dégradation chimique des chlorophylles, et la connaissance de leurs spectres de fluorescence peut être précieuse pour le physiologiste, puisque les chlorophylles ingérées subissent d'abord, par l'action du suc gastrique, une transformation en phytylphéophorbides (phéophy-

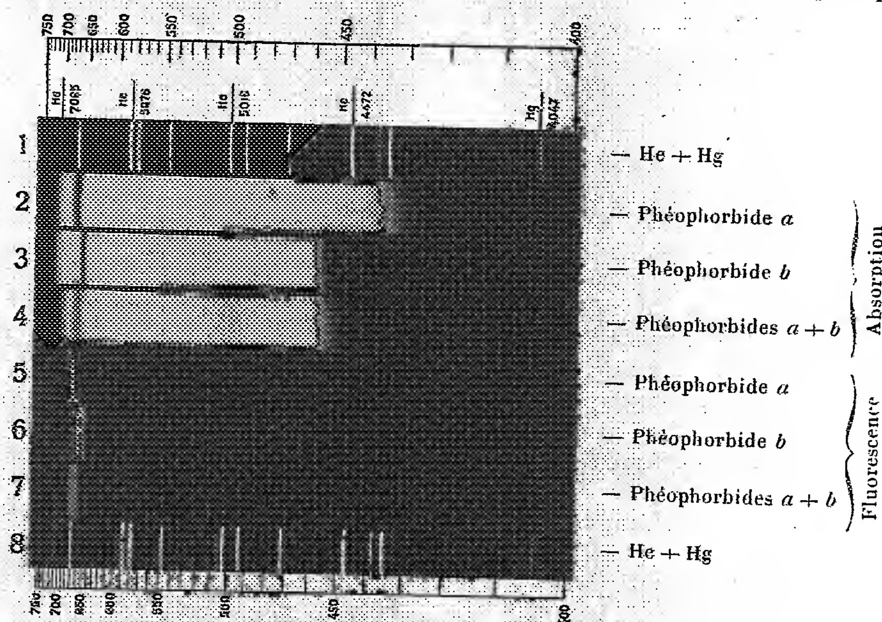


Fig. 1. — Phéophorbides en solution dans l'éther éthylique.

tines). Nous avons utilisé uniquement des phéophorbides *purs*, fournis gracieusement par M. Arthur Stoll.

Le spectrogramme reproduit ci-dessus montre que, pour chacun des phéophorbides *a* et *b*, il y a une seule bande de fluorescence (axes respec-

tivement λ 670 et λ 659$^{m\mu}$) dans le spectre visible. Avec le mélange, les bandes sont si rapprochées qu'il est extrêmement difficile de déterminer exactement et même de discerner les deux composantes.

Dans le sulfure de carbone, l'axe de la bande de fluorescence correspond à λ 679 pour *a* et à 633,5 pour *b*. Tous ces chiffres concernent les phéophorbides *libres*.

La phéophytine *a*, dissoute dans l'éther éthylique, présentait une bande de fluorescence sur λ 669 environ (détermination spectroscopique directe).

L'un de nous, dès 1930, s'est occupé de l'étude du rayonnement émis dans l'extrême rouge et l'infrarouge par fluorescence, dans le cas de l'étioporphyrine (1), terme ultime de la dégradation ménagée *in vitro* de la chlorophylle; puis cette même étude a été faite pour la phylloérythrine (2), pigment de transformation digestive de la chlorophylle, intermédiaire entre

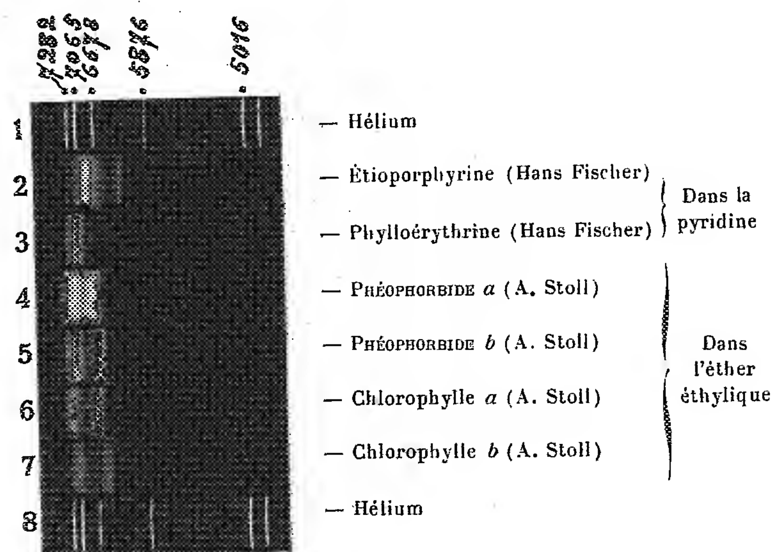


Fig. 2. — Spectres de fluorescence visibles et infrarouges. Chlorophylles et dérivés.

l'étioporphyrine et les phéophorbides. Sur le cliché composite ici reproduit (obtenu sur plaque *Agfa Infrarot* 730), nous avons inséré les spectres de fluorescence des deux phéophorbides *a* et *b* après ceux des pigments dont nous venons de parler et nous les avons fait suivre par ceux des deux chlo-

(1) J. Aharoni et Ch. Dhéré, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1499.

(2) Ch. Dhéré, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 336.

rophylles naturelles. Les conditions d'excitation étaient identiques ([1]) pour tous ces pigments (rayons bleus, violets et ultraviolets exclusivement).

L'axe de la bande située dans l'infrarouge est λ 730 pour le phéophorbide *a* et λ 725 pour le phéophorbide *b*. On constate une différence dans le même sens, mais notablement plus grande, quand on compare entre eux les axes des deux bandes correspondantes des chlorophylles *naturelles*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'existence d'une dissociation de l'urée en solution diluée*. Note de MM. **Paul Cristol**, **J. Fourcade** et **R. Seigneurin**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

On représente ordinairement l'urée comme la diamide carbonique. Les travaux de Werner ont toutefois établi qu'en réalité, à l'état libre, l'urée a la structure cyclique $HN=C\langle^{NH^3}_{O}$ et que les composés qu'elle donne avec les acides et les métaux alcalins dérivent de la forme réactive $HN=C\langle^{NH^3}_{OH}$.

Il est classique d'admettre que cette dernière forme ne prend naissance qu'au moment même où l'on prépare ces dérivés. Or, au cours de recherches récentes, des résultats cryoscopiques aberrants nous ont amenés à penser que l'urée pouvait aussi acquérir cette forme réactive, même à l'état libre.

La cryoscopie des solutions aqueuses *diluées* d'urée ([2]) donne, en effet, un poids moléculaire apparent limite d'environ 53, comme il ressort du tableau suivant :

A.....	0,00	1,62	3,32	6,48	9,73	12,97
B.....	−0,00	−0,05	−0,10	−0,20	−0,30	−0,40
C.....	−0,00	−0,05 (7)	−0,11 (2)	−0,22 (6)	−0,32 (3)	−0,43 (1)

A, Concentration de l'urée en grammes par litre; B, Δ théoriques en degrés C.; C, Δ mesurés (moyenne) en degrés C.

Ces nombres ne s'expliquent qu'en admettant une dissociation de l'urée par dilution.

Pour contrôler cette hypothèse, nous avons recherché les valeurs de la conductibilité électrique de ces mêmes solutions, ce qui nous a conduits à

([1]) Sauf les temps de pose, variables avec la concentration et le pouvoir fluorescent.

([2]) Solutions dans l'eau distillée (dans un appareil en pyrex) d'urée chimiquement pure Poulenc ou de Haen's, de fabrication récente.

des résultats du même ordre :

A...	0,00	0,01	0,05	0,10	0,2	0.5	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0
B...	5,4	5,5	6,0	6,2	6,6	7,0	7,6	9,2	6,6	8,1	11,1	14,0	17,0

A, concentration de l'urée en grammes par litre; B, conductibilité en mho/cm.cm² $\times 10^{-6}$ à 18° C.

Il existe encore une autre preuve de cette dissociation : c'est la possibilité de mettre en évidence une augmentation correspondante de l'acidité ionique par la mesure du pH. En raison de la difficulté que présentent les déterminations électrométriques en solution tellement diluée, nous avons fait appel à la chromoscopie qui nous a fourni les chiffres suivants :

A....	0,0	0,1	0,2	0,5	1.0	2,0	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0
B....	6,25	5,95	5,95	5,95	5,95	5,90	5,95	5,95	6,30	-	6,45

A, concentration de l'urée en grammes par litre; B, pH.

Afin de rendre possibles les mesures électrométriques, nous avons remplacé, dans quelques-unes des solutions précédentes, l'eau distillée par du chlorure de sodium à 9 pour 1000; les résultats obtenus montrent une diminution analogue du pH :

Concentration de l'urée en grammes par litre dans du ClNa à 9 pour 1000	0,0	0,2	1,0
pH	5,85	5,7	5,65

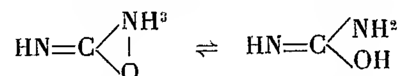
En définitive, on observe pour les solutions aqueuses d'urée de concentration inférieure à 5 pour 1000 :

1° Un abaissement du point cryoscopique supérieur au chiffre théorique.

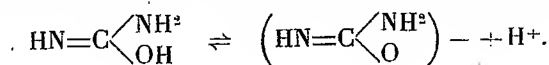
2° Une irrégularité des courbes de la conductibilité et du pH, traduisant une augmentation relative de la concentration ionique avec libération d'ions H^+ acides, libération que l'on observe encore en présence d'électrolytes.

Si l'on admet que l'urée garde sa structure cyclique à l'état libre, on ne peut évidemment concevoir aucune explication de ce phénomène. Par contre, l'interprétation de ces faits devient aisée en supposant qu'en solution diluée :

1° L'urée cyclique se transforme en urée réactive selon l'équilibre



2° Cette urée réactive s'ionise partiellement selon l'équation



PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Point isoionique des protéides.*
Note de M. **Georges Sandor**, présentée par M. Louis Lapicque.

Le point isoionique d'un ampholyte est le pH pour lequel la somme des ions H^+ émis et fixés par l'ampholyte est égale à zéro [Sœrensen, Linderstrœm-Lang et Lund ([1])]. Ce pH doit être une grandeur tout à fait caractéristique pour un ampholyte rigoureusement pur dissous dans l'eau distillée et, dans ces conditions, il doit coïncider avec le point isoélectrique. En ce qui concerne les protéides et les acides aminés, nous savons actuellement que ces corps sont pratiquement complètement ionisés à leur point isoionique où ils sont constitués par des ions hybrides [Adams, Bjerrum, Eberth, Adair, Weber, etc. ([2])]. Ces ions possèdent une charge positive et une charge négative, les charges de signe contraire se neutralisant exactement. Les ions hybrides peuvent ainsi avoir de l'affinité pour les différents anions et cations autres que les ions de l'eau. En présence d'électrolytes les points isoioniques, comme d'ailleurs les points isoélectriques des protéides, peuvent donc subir des modifications qui dépendent de la concentration et de la nature des électrolytes cristalloïdes. Dans la présente Note nous apportons la démonstration expérimentale de ces faits.

Nous avons déterminé tout d'abord le point isoionique de l'albumine du sérum de cheval cristallisée, en la dialysant contre l'eau distillée jusqu'à la disparition complète de toute impureté ionique. Pour les albumines du sérum, cristallisées trois fois de suite à pH 4,8 en présence de sulfate d'ammonium, cette dialyse dure une dizaine de jours. La dialyse fut effectuée sous pression, à la glacière, sous une couche de toluol. L'eau distillée fut changée deux fois par jour et le dialysat fut fréquemment agité. Au bout de 10 jours de dialyse le pH de la solution d'albumine reste constant indéfiniment et les eaux mères de précipitation trichloracétique des albumines ne contiennent plus d'ammoniaque. Le pH de la solution d'albumine ainsi obtenue est de 4,8 à 4,89 à 18°, il est d'ailleurs indépendant de la concentration de l'albumine. Ce pH correspond pratiquement

(1) *Jour. Gen. Physiol.*, 8, 1925-27, p. 543.

(2) Adams, *Jour. Amer. Chem. Soc.*, 38, 1916, p. 1503; Bjerrum, *Zeitschr. f. Physik. Chemie*, 104, 1923, p. 147; Eberth, *Zeitschr. f. Physik. Chemie*, 121, 1926, p. 385; Adair, *Jour. of Physiol.*, 67, 1929, p. 288; Weber, *Biochem. Zeitschr.*, 218, 1930, p. 1.

au point isoionique de l'albumine du sérum de cheval. En effet, le point isoionique est l'endroit où la courbe de titration de l'eau distillée coupe la courbe de titration de la solution d'albumine pure (*Michaëlis*, *Soerensen*). Pour les protéides usuels (points isoioniques aux environs de 10^{-5} à 10^{-6} aH^{+}) ce point est tellement proche du pH de la solution d'albumine pure que pratiquement la coïncidence est parfaite.

Nous avons pu vérifier : *a*, que le point isoionique de l'albumine pure est indépendant de la concentration de l'albumine, mais lorsqu'il s'agit d'une albumine imparfaitement dialysée, le pH dépend fortement de la concentration de l'albumine; *b*, que le point isoionique de l'albumine dépend de la présence de sels neutres. Pour une certaine préparation d'albumine cristallisée nous avons obtenu les chiffres suivants :

Chlorure de sodium pour 100 de poids de la solution....................	0	0,33	1,0	3,33
Points isoioniques (pH)............	4,86	5,03	5,08	5,17

Concentration de l'albumine : 1 pour 100; température, 18°. Les pH furent déterminés par un électrode de platine de type Hildebrand.

Les pH varient donc en fonction de la force ionique suivant une courbe complexe. Il est vraisemblable qu'il s'agit d'une réaction des ions Cl^{-} avec les cations protéidiques et parallèlement les ions H^{+} sont fixés par les anions protéidiques. La réaction du déplacement du point isoionique peut donc être représentée comme suit :



$$A_{COO^-}^{NH^{3+}} Cl^- + H^+ \rightleftharpoons A_{COOH}^{NH^3Cl}, \quad A_{COO^-}^{NH^{3+}} = \text{ion hybride.}$$

La théorie qui veut que les chlorures de protéides, comme les électrolytes forts, soient toujours complètement ionisés, est ainsi vraisemblablement inexacte. Les ions Cl^{-} peuvent posséder une affinité pour les cations protéidiques. Les points isoioniques et les points isoélectriques ne sont donc tout à fait caractéristiques pour une certaine préparation protéidique qu'en l'absence totale de tout électrolyte.

A 15h50m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h30m.

E. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 AVRIL 1935.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

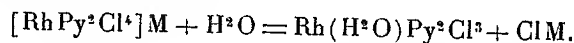
MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de Pâques la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 24 avril au lieu du lundi 22.

COMPLEXES. — *Sur les trichlorures d'iridium-III-aquo-dipyridinés* $Ir(H_2O)Py_2Cl_3$. Note de M. **Marcel Delépine**.

On peut engager les dérivés dipyridinés tétrachlorés en diverses réactions sans leur faire perdre de chlore. Par contre les dérivés correspondants du rhodium subissent avec une grande facilité une transformation en trichlorures aquo-dipyridinés [1] :



$$[RhPy^2Cl^4]M + H^2O = Rh(H^2O)Py^2Cl^3 + ClM.$$

Étant donné les relations très étroites des complexes de l'iridium et du rhodium, il était indiqué de s'assurer si la réaction précédente ne s'appliquerait pas également aux complexes de l'iridium.

C'est effectivement ce qui a lieu, abstraction faite des différences de vitesse, des heures étant nécessaires à 100° pour les dérivés iridiés alors que des minutes suffisent pour les composés rhodiés.

Sans nous appesantir sur diverses expériences que l'on trouvera ailleurs,

---

(1) M. Delépine, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 235.

il suffira de signaler qu'à 130° (ce qui se réalise facilement dans un autoclave), en 1 heure, la transformation est déjà très avancée, lorsqu'on chauffe la solution des iridium-III-dipyridino-tétrachlorures avec de l'eau.

Je rappelle qu'il existe deux séries d'iridium-dipyridino-tétrachlorures $[IrPy^2Cl^4]M$, l'une *cis*-dipyridinée, formant des sels orangés, l'autre *trans*-dipyridinée, formant des sels rouges. Les uns et les autres subissent la même transformation avec quelques nuances.

La série orangée ne donne naissance qu'au complexe $Ir(H^2O)Py^2Cl^3$; celui-ci se sépare directement, si, par exemple, on chauffe le sel de potassium $IrPy^2Cl^4K$ dans 15 parties d'eau à 130° pendant 1 heure; le complexe moins soluble que le sel primitif, se sépare lors du refroidissement. On obtient ainsi de beaux cristaux un peu plus jaunes que le sel de potassium, de composition $Ir(H^2O)Py^2Cl^3 + 1,5H^2O$, solubles dans 130 parties d'eau à 23°, beaucoup plus solubles à chaud (dans 4-5 parties d'eau à 100°). Leur solution diluée est d'un beau jaune.

La série rouge donne, en même temps que le corps prévu, des quantités appréciables de fines aiguilles insolubles dans l'eau, dont la composition répond à la formule $(IrPy^2Cl^3)$. Ces cristaux sont également insolubles dans les acides et les alcalis (froids). On filtre donc quand le liquide est encore au voisinage de 100°; par refroidissement, il se dépose des cristaux rouge orangé (couleur carotte) qui ne sont autres que le complexe $Ir(H^2O)Py^2Cl^3 + H^2O$, soluble à 25° dans environ 900 parties d'eau, soluble dans 100 parties d'eau bouillante. La solution est rouge orangé.

Les deux isomères ont une réaction acide; ils se dissolvent aisément dans l'ammoniaque, mieux dans la soude ou la potasse; les solutions, sodique ou potassique, additionnées d'un grand excès d'alcali, déposent des cristaux qu'il y a lieu de considérer commc les sels de la forme hydroxylée $[IrPy^2(OH)Cl^3]H$, tautomère de $IrPy^2(H^2O)Cl^3$; additionnées d'un acide, elles laissent précipiter le dérivé aquo-initial.

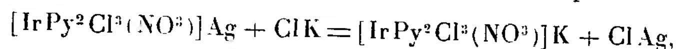
Si on déshydrate les dérivés aquo-dipyridinés à 140-145°, on leur fait perdre non seulement leur eau de cristallisation, mais encore leur eau de constitution et alors ils ne se dissolvent plus dans les alcalis, exactement comme on l'avait constaté pour les dérivés du rhodium.

Comme ceux-ci encore, ils sont susceptibles de se combiner au nitrate d'argent. En milieu neutre (ou ammoniacal), on obtient les combinaisons $[IrPy^2(OH)Cl^3]^2HAg$ qui sont fort peu solubles et cristallisent en petites aiguilles orangées ou roses, suivant leur provenance.

Si l'on opère en milieu nitrique, on obtient des combinaisons fort peu

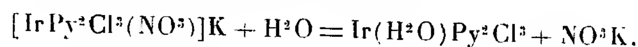
solubles, jaunes ou roses, suivant qu'elles proviennent du complexe jaune ou du complexe rouge orangé. Elles se présentent en fines aiguilles, répondant à la composition $[IrPy^2Cl^3(NO^3)]Ag + H^2O$. Dans le cas du sel jaune desséché à 105-110°, l'analyse correspond au sel sans eau; par contre, le sel rose ne perd pas son eau. C'est la considération de la perte d'eau du sel jaune qui fait attribuer la formule précédente plutôt que la formule isomère $IrPy^2(H^2O)Cl^3 + NO^3Ag$.

En décomposant le sel d'argent rose nitraté par le chlorure de potassium pris en quantité très légèrement inférieure à la théorie pour la réaction



$$[IrPy^2Cl^3(NO^3)]Ag + ClK = [IrPy^2Cl^3(NO^3)]K + ClAg,$$

on n'obtient pas le sel alcalin chloro-nitraté. Après séparation du chlorure d'argent et concentration, le complexe $Ir(H^2O)Py^2Cl^3$ se dépose pendant que du nitrate de potassium est mis en liberté



$$[IrPy^2Cl^3(NO^3)]K + H^2O = Ir(H^2O)Py^2Cl^3 + NO^3K.$$

Le nitrate de potassium cristallise en fin de concentration. Cette hydrolyse, ici très rapide, n'a rien d'étonnant, les complexes nitratés étant moins stables que les halogénés.

On a vérifié sur le complexe issu des sels rouges que l'on pouvait retourner au sel primitif. Ainsi, en l'oxydant par l'eau régale, on forme $Ir^{IV}Py^2Cl^4$; celui-ci, réduit, permet de passer au sel de pyridine $[IrPy^2_{1.6}Cl^4]PyH$ qui est caractéristique de la série des iridium-III-dipyridino-tétrachlorures rouges.

Toutes ces opérations multiples laissent donc intacte la situation des deux molécules de pyridine et démontrent la solidité de leur fixation sur l'atome d'iridium.

M. **Emmanuel de Margerie** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée : *Victor Jacquemont dans l'Himalaya*.

NOMINATIONS.

M. **A. Lacroix** représentera l'Académie à l'inauguration du nouveau *Muséum de Géologie pratique* et à la célébration du Centenaire du *Geological Survey* de Grande-Bretagne, en juillet 1935, avec MM. **Charles Barrois**, **Louis de Launay** et **Lucien Cayeux**, précédemment désignés.

ÉLECTIONS.

M. **Lauge Koch** est élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation par 26 suffrages contre 5 à M. *Odon de Buen*.

CORRESPONDANCE.

L'**Université Royale Hongroise** invite l'Institut de France à se faire représenter par deux délégués à la célébration du troisième centenaire de sa Fondation, à Budapest, du 25 au 28 septembre 1935.

L'**American Association for the Advancement of Science** invite l'Académie à se faire représenter à sa réunion d'été, à Minneapolis, Minnesota, du 24 au 29 juin 1935 et à sa réunion d'hiver, à Saint-Louis, Missouri, du 30 décembre 1935 au 4 janvier 1936.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Abaques transparents, tournants, à marques mobiles*, par le P. de la Villemarqué, S. J. Observatoire de Zô-sè. (Présenté par M. Maurice d'Ocagne.)

2° Paul Godin. *Recherches anthropométriques sur la croissance des diverses parties du corps*, 2e édition. (Présenté par M. Ch. Richet.)

3° Un exemplaire des publications du R. P. Lejay sur la *Physique du Globe*, l'*Astronomie* et la *Géodésie*. (Présenté par M. Georges Perrier.)

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Extension de la théorie de l'inflammation nucléaire au cas des moteurs à injection.* Note de M. **Max Serruys**, présentée par M. Émile Jouguet.

Sous le nom de théorie de l'inflammation nucléaire (1), nous avons montré comment une onde explosive pouvait et devait normalement

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1385 et 1574.

prendre naissance, dans les moteurs à explosion, au sein des gaz non brûlés, lorsque la pression maxima est suffisamment élevée et le taux d'octane du combustible suffisamment bas.

Appliquant des considérations analogues au cas des moteurs à injection, il nous est apparu que des ondes de choc et combustion détonantes devaient pouvoir y prendre naissance, par le même mécanisme, quoique dans des circonstances assez différentes.

On sait, en effet, depuis longtemps que les mélanges d'air et de combustibles pulvérulents peuvent propager des ondes de choc et combustion détonantes (complètes ou non). Si, par conséquent, on suppose que le combustible pulvérisé se trouve, dans une région déterminée, former avec l'air un mélange de température sensiblement uniforme et si, pour une raison quelconque, la température ou la pression auxquelles le combustible se trouve soumis s'élèvent progressivement dans la région considérée (soit par le simple échauffement des gouttes au contact de l'air, soit par suite d'une oxydation lente du combustible, soit en raison du mouvement ascendant du piston, soit par le fait de la combustion se produisant dans une autre region), un phénomène d'inflammation nucléaire analogue à celui que nous avons décrit peut se produire ([1]) et constituer le point de départ d'une onde de choc et combustion détonante.

Or, en examinant ce qui se passe pratiquement dans les moteurs à injection, nous allons voir que de pareilles circonstances peuvent se trouver assez facilement réalisées. Nous verrons ensuite comment l'onde explosive formée peut évoluer suivant les cas.

a. Quelle que soit l'avance à injection, la première inflammation du combustible doit en effet se faire dans les conditions décrites ci-dessus, pourvu que le brouillard combustible forme une région isotherme d'étendue suffisante au moment où cette inflammation se produit. *La combustion dans le Diesel s'amorcera donc en général avec formation d'une onde détonante.*

Quant à l'intensité du choc, elle dépendra évidemment de la quantité de combustible injectée susceptible d'être atteinte par l'onde détonante (et par conséquent du *délai d'allumage*), ainsi que de la quantité d'air à laquelle il se trouve mélangé à cet instant. Elle sera donc d'autant plus

([1]) A la condition, bien entendu, que la finesse des gouttes et la teneur en vapeurs de l'air environnant permettent à la combustion du noyau de se faire dans un temps suffisamment court.

grande que le combustible aura été injecté initialement dans des gaz plus froids (grande avance à l'injection, taux de compression bas) ou que son inflammation aura été plus longtemps retardée par l'action d'une légère détente (retard à l'injection). A la limite, si le retard à l'inflammation dépasse la durée de l'injection, le combustible tout entier peut être intéressé par la détonation.

b. Le combustible injecté *après* la détonation précédemment décrite devrait en principe brûler progressivement puisque l'onde de choc s'amortit très rapidement dans les gaz non combustibles et n'existe plus au moment où le combustible considéré se mélange avec l'air.

c. Il se peut cependant qu'une partie de ce combustible, n'ayant pas été atteinte par la flamme correspondant à la combustion des parties injectées antérieurement, se trouve allumée par compression; dans ce cas il y aura encore inflammation nucléaire et détonation.

D'après notre raisonnement, nous serions donc conduit aux conclusions suivantes :

1° La combustion, dans les moteurs à injection, a tendance à débuter par une détonation;

2° La détonation peut aussi se produire au cours de la combustion;

3° Il peut se produire plusieurs détonations au cours d'une même combustion;

4° Les principaux facteurs favorables à l'apparition de détonations puissantes sont : une avance à l'injection exagérée ou trop faible, ou une compression insuffisante, ou un nombre de cétène trop bas, et en général tout ce qui peut accroître le délai d'allumage;

5° Les fumées noires accompagnant le cognement sur les moteurs à injection s'expliqueraient par la décomposition pyrogénée de certaines parties du brouillard combustible insuffisamment diluées dans l'air, sous l'action d'une onde détonante.

Comme on le voit, ces conclusions sont tout à fait différentes de celles que nous avons tirées de l'application de la théorie de l'inflammation nucléaire au cas du moteur à explosion; il n'en est que plus remarquable à notre avis, qu'elles soient en parfait accord avec les constatations expérimentales les plus récentes sur les variations connexes du délai d'allumage et du choc et sur l'existence de l'onde détonante dans les moteurs à injection.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur la dissymétrie des mouvements stellaires et sur une méthode pour la détermination de l'apex du Soleil et du vertex de l'ellipsoïde des vitesses.* Note de M. **Vincent Nechvíle**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Ainsi que je l'ai montré ([1]), le nombre d'étoiles dont le mouvement propre, plus grand qu'une limite positive ε, tombe dans le segment de l'angle de position $(\theta, \theta + d\theta)$ est donné par l'expression

$$(1) \qquad \bar{\rho}(\theta)\,d\theta = \sum_{1}^{k} C_k \frac{1}{p}\left[e^{-\varepsilon^2\Delta_k^2 p + 2\varepsilon\Delta_k\eta\sqrt{p}} + \eta\, e^{\eta^2}\int_{\varepsilon\Delta_k\sqrt{p}-\eta}^{\infty} e^{-x^2}\,dx\right]d\theta,$$

avec

$$p = k^2\cos^2\theta + h^2\sin^2\theta, \qquad \eta\sqrt{p} = k^2 u_0\cos\theta + h^2 v_0\sin\theta;$$

C_k est une constante dépendant du nombre d'étoiles de grandeur m_k dans la région, de distance moyenne Δ_k; k et h représentent les constantes de l'ellipsoïde des vitesses supposé de révolution; u_0, v_0 les composantes du mouvement parallactique du Soleil sur le plan tangent au centre de la région, dans un système d'axes rectangulaires u, v, le premier dirigé vers le vertex de l'ellipsoïde.

On peut montrer au moyen de l'expression (1) que les courbes de fréquence des mouvements stellaires, données par les coordonnées polaires $[\bar{\rho}(\theta), \theta]$, dissymétriques en général pour $\eta \neq 0$, ont toutefois trois zones de symétrie axiale. En écrivant $\bar{\rho}(\theta)$ sous la forme

$$\rho(\theta) = \sum_{1}^{k} C_k f(p,\ k^2 u_0\cos\theta + h^2 v_0\sin\theta,\ \varepsilon\Delta_k),$$

où $\varepsilon\Delta_k$ figurent comme paramètres, et en comptant θ à partir de l'axe u dans le sens habituel, $\bar{\rho}(\theta)$ devient une fonction symétrique par rapport à l'axe u pour ces régions du Ciel, pour lesquelles $v_0 = 0$, car dans ce cas

$$\bar{\rho}_u(\theta) = \sum_{1}^{k} C_k f(p,\ k^2 u_0\cos\theta,\ \varepsilon\Delta_k).$$

La condition $v_0 = 0$ est remplie pour les régions dont les centres S

([1]) *Bull. Astr.*, 4, VI, 1924, p. 173 et *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 848.

se trouvent sur le grand cercle C passant par l'apex du Soleil et le vertex de l'ellipsoïde des vitesses.

D'autre part, $\bar{\rho}(\theta)$ sera une fonction symétrique par rapport à l'axe v quand $u_0 = 0$ et

$$\rho_v(\theta) = \sum_1^k C_k f(p, h^2 v_0 \sin\theta, \varepsilon\Delta_k).$$

La condition $u_0 = 0$ est satisfaite pour les points S′ et S″ du Ciel pour lesquels deux grands cercles passant par S′ vers l'apex et vers le vertex, ainsi que ceux passant par S″ vers l'antiapex et l'antivertex se coupent en S′ ou S″ sous un angle droit. Donc si l'on appelle $2a$ la distance sphérique apex-vertex, les points S′ et S″ remplissent deux branches E′ et E″ de l'ellipse sphérique du second genre ayant pour équation, dans un système de coordonnées sphériques x, y (¹),

$$\frac{\sin^2 x}{\sin^2 a} + \frac{\sin^2 y}{\operatorname{tang}^2 a} = 1 + \frac{\sin^2 x \sin^2 y}{\sin^2 a}$$

ou

$$\frac{\sin^2 x}{\sin^2 a} + \frac{\operatorname{tang}^2 y}{\sin^2 a}\cos 2a = 1,$$

bitangentes à deux petits cercles C′ et C″ ayant les distances apex-vertex et antiapex-antivertex comme diamètres sphériques.

Il existe donc trois zones de courbes de fréquence symétriques : 1° un grand cercle C contenant les centres des régions avec $\bar{\rho}_u(\theta)$ symétriques par rapport à l'axe u; 2° deux branches E′, E″ de l'ellipse sphérique contenant les centres des régions avec $\rho_v(\theta)$ symétriques par rapport à l'axe v. De plus, dans l'apex et l'antiapex, les courbes $\bar{\rho}(\theta)$ sont symétriques centralement, puisqu'on a $u_0 = 0$, $v_0 = 0$ et aussi $\eta = 0$.

De ce qui précède on peut tirer deux conclusions :

1° Si l'on détermine, au moyen des observations, le cercle C et les courbes E′, E″, on a une méthode pour déterminer l'apex et le vertex, car les quatre points d'intersection de ces courbes sont exactement ces deux points et leurs points diamétraux.

La méthode est applicable par approximations successives; car il faut partir avec une position du vertex pour pouvoir tracer les axes u, v dans les régions.

(¹) L. Huebner, *Ebene und räumliche Geometrie des Masses*, Teubner, 1888, p. 294.

2° La dissymétrie des courbes $[\bar{\rho}(\theta), \theta]$ par rapport à l'axe des φ donne l'explication du fait que le rapport des nombres d'étoiles $n_1 : n_2$ constatées dans les courants d'étoiles a été trouvé variable. En effet si l'on détermine d'après (1) les nombres d'étoiles ν_1 et ν_2 dont le mouvement selon la coordonnée u est négatif ou positif, ces nombres étant en rapport avec n_1 et n_2 on trouve que, sur la surface du Ciel extérieure à deux branches E′, E″ de l'ellipse sphérique, on a $\nu_1 > \nu_2$, et à leur intérieur $\nu_1 < \nu_2$; l'égalité $\nu_1 = \nu_2$ étant vérifiée sur les courbes elles-mêmes.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le champ électromagnétique et les quanta.* Note [1] de M. **Santiago Antunez de Mayolo**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons trouvé que le champ électromagnétique dans le vide s'explique par des forces centrales s'excerçant entre deux quantités d'électricité libres, non corpusculaires, égales et de signes contraires, accouplés et se mouvant avec la vitesse de la lumière.

Il y a donc dans le champ électromagnétique trois paramètres importants, qui apparaissent dans les expressions mathématiques des grandeurs électriques et magnétiques de ce champ : la vitesse c de la lumière, le rayon ρ d'attraction des masses et les masses accouplées. Nous entendons par masse électrique M, la grandeur qui, multipliée par le carré de la vitesse de la lumière, mesure l'énergie du champ électromagnétique. Ces trois paramètres (c, ρ, M) se trouvent liés avec la grandeur *charge électrique* Q_E du système électrostatique par la relation remarquable

$$Q_E = c\sqrt{M\rho}. \tag{1}$$

Considérons d'après cela deux charges Q_E et $-Q_E$ qui s'attirent

$$F = -\frac{Q_E Q_E}{\rho^2} = -\frac{c^2 M}{\rho}. \tag{2}$$

Ici les premier et troisième membres expriment l'égalité pour e champ électromagnétique, entre la force d'attraction $F = ME_A$ (E_A est une accélération) et la force centrifuge. Tout se passe comme si une masse M tournait autour d'une autre avec la vitesse de la lumière.

---

[1] Séance du 8 avril 1935.

Si nous appellons $B_A = c/\rho$ la vitesse angulaire de rotation, la formule (2) devient

$$E_A = -cB_A. \tag{3}$$

Dans cette équation, d'où l'on tire les équations de Maxwell, E_A est le champ électrique de dimension $[LT^{-2}]$ et B_A l'induction magnétique de dimension $[T^{-1}]$, dans notre système de trois grandeurs fondamentales : longueur, temps et masse électrique.

Dans la gravitation d'un corps autour d'un autre, dans une orbite circulaire, on trouve de même

$$G = -\omega B, \tag{3'}$$

où G est l'accélération centripète, ω la vitesse tangentielle et B la vitesse angulaire de rotation.

La loi d'attraction électrique sous forme newtonienne est

$$F = -K_A \frac{MM}{\rho^2}. \tag{4}$$

En égalant (2) et (4),

$$\frac{K_A M}{\rho} = c^2. \tag{5}$$

Donc c^2 mesure un potentiel électrique newtonien. On reconnaît que $\rho/M = \mu_A$ est la perméabilité magnétique et, comme l'inverse de K_A est la constante diélectrique dans le vide, la (5) est la relation classique de Maxwell

$$\frac{1}{\varepsilon_A \mu_A} = c^2. \tag{6}$$

Le champ électrique correspondant au potentiel (5) est

$$E_A = K_A \frac{M}{\rho^2} = \frac{c^2}{\rho}. \tag{7}$$

Multipliant par M on a, pour l'énergie du champ électromagnétique,

$$W = \frac{K_A MM}{\rho} = Mc^2. \tag{8}$$

Comme vérification élevons (1) au carré et remarquant que $Q_E/\rho = V_E$ est le potentiel électrostatique, on a de même $Q_E V_E = Mc^2$, qui est une relation classique. Si nous remplaçons une fois c par $B\rho$ ($B = 2\pi/t = 2\pi\nu$), on

retrouve la relation quantique $Q_E V_E = Mc^2 = h\nu$. La constante h vaut $h = 2\pi\rho Mc = \lambda Mc$, où $\lambda = 2\pi\rho$ est la longueur d'onde du photon de fréquence ν. Un photon est ainsi un double formé des deux électricités contraires. Le champ magnétique est $\mathcal{H}_A = \pm cM/\rho^2$; le pôle magnétique est $\mathfrak{M} = \pm c\rho$.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la classification des pertes énergétiques d'après les types d'irréversibilité.* Note de M. **Jean Villey**, présentée par M. Émile Jouguet.

1. Rappelons brièvement la notion du *bilan énergétique* d'une évolution monotherme, dont M. Jouguet [1] a montré toute la portée pour l'évaluation effective du travail à attendre d'un moteur thermique.

La seule source thermique extérieure est constituée par l'atmosphère à température Θ. Si elle fournit au total la chaleur $\Sigma_1^2 \partial Q$ pendant que le système évoluant passe d'un état d'équilibre 1 à un état d'équilibre 2, le travail total obtenu sera, en représentant par U l'énergie interne du système,

$$W = (U_1 - U_2) + \Sigma_1^2 \partial Q.$$

Si l'évolution $1 \rightarrow 2$ est intégralement réversible, on a $\Sigma_1^2 \partial Q = \Theta(S_2 - S_1)$, et l'on pourra écrire alors

$$W = (U_1 - U_2) + \Theta(S_2 - S_1) = (U_1 - \Theta S_1) - (U_2 - \Theta S_2) = \varphi_1 - \varphi_2.$$

Mais s'il y a des opérations irréversibles, on aura $\Sigma_1^2 \partial Q < \Theta(S_2 - S_1)$, et l'on écrira alors

$$W = \varphi_1 - \varphi_2 - [\Theta(S_2 - S_1) - \Sigma_1^2 \partial Q].$$

La correction ainsi introduite comprend une série de termes négatifs, appelés *pertes énergétiques,* qui correspondent aux diverses opérations irréversibles.

2. L'intérêt considérable, aussi bien pratique que théorique de cette conception, nous a conduit à développer et à préciser la classification de ces *pertes*. Il suffit pour cela de procéder à un inventaire méthodique des opérations irréversibles auxquelles elles correspondent.

On peut avoir : 1° des échanges irréversibles (de chaleur ou de travail) entre le système et l'extérieur; 2° des échanges irréversibles entre deux

[1] *Théorie des moteurs thermiques.* Paris, 1909.

parties du système; 3° des évolutions irréversibles de certaines parties du système.

3. Un apport (algébrique) de chaleur δQ est irréversible si la densité d'énergie thermique est différente dans la portion du système qui le reçoit, et dans l'atmosphère ($T \neq \Theta$). Il est alors égal à $T\,\delta S$; or il figure dans $\varphi_1 - \varphi_2$ sous la forme $\Theta\,\delta S$: il faut donc ajouter le terme correctif $-(\Theta - T)\delta S$ ou $-\Theta(1/T - 1/\Theta)\delta Q$, toujours négatif.

Toutes les *pertes* autres que celle-là correspondent à des augmentations irréversibles ΔS de l'entropie du système, réalisées sans apport de chaleur, et qui appellent en conséquence des corrections de la forme $-\Theta\Delta S$.

Un apport (algébrique) de travail w n'est pas autre chose qu'un terme $-w$ introduit dans W; il correspond à la diminution (algébrique) qu'il apporte à $(U_1 - U_2)$. Toutefois, s'il est *positif* et s'il se décoordonne dans la partie du système qui le reçoit, il y produit la même modification qu'un apport égal de chaleur, c'est-à-dire une augmentation irréversible d'entropie $\Delta S = w/T > 0$.

4. Un transport intérieur de chaleur, de valeur absolue ΔQ, irréversible si les deux densités d'énergie cinétique moléculaire T' et T'' sont inégales, comporte alors l'augmentation irréversible d'entropie

$$\Delta S = \Delta Q\left(\frac{1}{T''} - \frac{1}{T'}\right) > 0.$$

Si un travail w, fourni par une partie du système à une autre partie, s'y décoordonne, l'opération est irréversible et elle produit une augmentation d'entropie $\Delta S = w/T > 0$ sans apport de chaleur.

5. Enfin, toute *évolution* irréversible de n'importe quelle partie du système comporte elle aussi une augmentation irréversible d'entropie ΔS.

Ces évolutions irréversibles correspondent toujours à une production d'énergie cinétique moléculaire, analogue à celle que donnerait un apport de chaleur. Dans les systèmes gazeux que les moteurs thermiques utilisent, elles peuvent relever de trois mécanismes différents :

1° *Combustions irréversibles.* — Le travail transformé en énergie thermique est fourni par les forces chimiques d'attraction entre les atomes.

2° *Condensations irréversibles de vapeur sursaturée après détente rapide.* — Le travail est fourni par les forces de cohésion entre molécules.

3° *Écoulements irréversibles de fluides.* — La dissipation se produit par décoordination, partielle ou totale, de l'énergie cinétique orientée que tend à produire la chute de pression. Son mécanisme est, soit le simple frotte-

ment par viscosité, soit la turbulence progressive avec dissipation finale visqueuse.

6. Dans ces trois cas, si l'évolution partielle irréversible $m \rightarrow n$ considérée est adiabatique, l'augmentation irréversible d'entropie ΔS se confond avec la variation totale $(S_n - S_m)$. Celle-ci peut être évaluée par le calcul de $\int \delta Q/T$ le long d'une évolution *réversible* qui conduirait du même état m au même état n.

7. Les décoordinations de travail et d'énergie cinétique peuvent être considérées comme des opérations *essentiellement* irréversibles. Les transports de chaleur avec chute de température, et les condensations après sursaturation, comportent seulement des irréversibilités *statistiques* résultant de l'existence d'un sens privilégié dans les échanges opposés. Une réaction chimique peut être considérée comme irréversible statistiquement aux températures où les molécules qu'elle produit sont partiellement dissociées en atomes; lorsque la dissociation est nulle, la réaction devient essentiellement irréversible par un mécanisme lié à la discontinuité des échanges d'énergie (quanta).

MAGNÉTISME. — *Constitution des corps paramagnétiques. Points de transformation.* Note (1) de M. **Gaston Dupouy**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré (2) que les faits expérimentaux relatifs aux substances paramagnétiques peuvent être expliqués en admettant qu'une telle substance est en général un mélange de deux (ou plus de deux) variétés magnétiques simples, de constantes magnétiques différentes, et suivant chacun la loi de Weiss.

Soit un mélange de deux variétés simples (1) et (2) à champs moléculaires de signes contraires. Leurs coefficients d'aimantation χ_1 et χ_2 sont donnés respectivement par les relations

$$\chi_1(T - \theta_1) = C_1 \tag{1}$$

et

$$\chi_2(T - \theta_2) = C_2. \tag{2}$$

(1) Séance du 8 avril 1935.

(2) G. Dupouy, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1308.

Le coefficient d'aimantation χ du mélange suit également la loi de Weiss

$$\chi[T - n(m_1 C_1 - m_2 C_2)] = m_1 C_1 + m_2 C_2, \tag{3}$$

où m_1 et m_2 sont les titres respectifs des variétés (1) et (2).

Pour qu'à une température T l'une des variétés puisse se transformer intégralement en la seconde *sans variation brusque du coefficient d'aimantation*, il faut nécessairement que le point de transformation T soit celui qui correspond, dans le diagramme de Weiss, à l'intersection de la droite représentée par l'équation (3) avec chacune des droites (1) et (2).

Or un calcul simple montre que les droites (1), (2), (3) se coupent en un point correspondant à une température T donnée par la relation simple

$$\frac{2}{T} = \frac{1}{\theta_1} + \frac{1}{\theta_2}. \tag{4}$$

Le point de transformation est donc indépendant des constantes magnétiques du mélange : il n'est fonction que de celles de chacun des deux constituants. En particulier si la composition du mélange change, les droites de Weiss qui lui correspondent forment un faisceau concourant dont les deux droites extrêmes déterminent les constantes magnétiques de chacune des variétés simples qui le composent. Ainsi s'expliquent les résultats des expériences de MM. Fahlenbrach [1] et Lallemand [2] et la formule (4) est vérifiée (à la précision avec laquelle sont déterminées les températures θ) pour les expériences de Fahlenbrach sur les solutions de chlorure de cobalt. Ceci fournit un nouvel argument en faveur de notre théorie.

Une autre remarque, qu'il importe d'ajouter, est la suivante : il semblerait que les titres m_1 et m_2 de chacun des constituants puissent prendre une infinité de valeurs reliées entre elles par la seule condition

$$m_1 + m_2 = 1. \tag{5}$$

Pour expliquer pourquoi l'expérience ne révèle l'existence que d'un nombre fini de variétés magnétiques différentes il suffit d'utiliser un résultat fondamental dont nous n'avons pas encore fait état : à savoir que le moment atomique change de façon discontinue, ses variations sont souvent très exactement égales à un petit nombre de magnétons de Weiss.

On sait que pour une variété magnétique simple la constante de Curie

(1) *Ann. der Physik*, 13, 1932, p. 265-296.

(2) *Annales de Physique*, 11e série, 3, 1935, p. 97.

C_1 est reliée au nombre N_1 de magnétons de Weiss par la relation générale

$$C_1 = kN_1^2. \qquad (6)$$

Si N, N_1 et N_2 sont les nombres de magnétons du mélange et des variétés simples (1) et (2), on obtient, à partir des relations (3), (5) et (6),

$$m_1 = \frac{N^2 - N_2^2}{N_1^2 - N^2} \quad \text{et} \quad m_2 = \frac{N_1^2 - N^2}{N_1^2 - N_2^2};$$

d'où

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{N^2 - N_2^2}{N_1^2 - N^2}, \qquad (7)$$

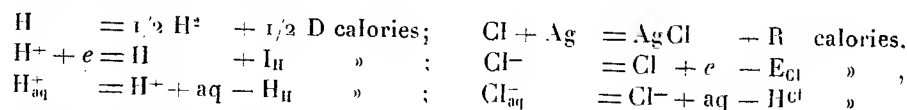
N, N_1 et N_2 étant des nombres entiers, la relation (7) exprime ce résultat : *Quand deux variétés magnétiques simples s'unissent pour former plusieurs espèces magnétiques différentes, les masses de chacune d'elles qui s'unissent sont entre elles comme le quotient de deux nombres entiers.*

L'analogie entre la discontinuité chimique et la discontinuité des variétés magnétiques est frappante; elle conduit à des remarques que nous développerons ailleurs.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur l'hydratation de l'ion D^+ dans l'eau lourde et la dissociation des deutéroacides.* Note [1] de MM. **P. Goldfinger** et **W. Jeunehomme**, présentée par M. Georges Urbain.

D'après Taylor, Caley et Eyring [2], la solubilité de NaCl et $BaCl^2$ dans D^2O est respectivement de 8 à 12 pour 100 plus petite que dans H^2O. Un cycle Born-Haber montre que la différence est due aux énergies libres d'hydratation des ions, qui est donc environ de 0,05 kcal, soit 0,02 pour 100 plus petite dans D^2O, en excellent accord avec une théorie simplement électrostatique de l'hydratation [3].

D'autre part le cycle



$$H = 1/2\,H^2 + 1/2\,D \text{ calories}; \qquad Cl + Ag = AgCl - R \text{ calories},$$
$$H^+ + e = H + I_H \quad \text{»}; \qquad Cl^- = Cl + e - E_{Cl} \quad \text{»},$$
$$H^+_{aq} = H^+ + aq - H_H \quad \text{»}; \qquad Cl^-_{aq} = Cl^- + aq - H^{Cl} \quad \text{»}$$

---

(1) Séance du 18 mars 1935.

(2) Pour abréger nous renvoyons pour les données numériques et références au résumé de Urey et Teal, *Rev. Mod. Phys.*, 7, 1935, p. 34.

(3) La constante diélectrique de D^2O est 80,7, donc un peu plus petite que celles de H^2O. Pour le calcul des hydratations à partir de cycles ou de la théorie électrostatique, voir par exemple K. F. Herzfeld, *Handb. d. Phys.*, 24, II, 1933, p. 217.

représente la pile Ag/AgCl/HCl(0, 1N)/H^2, qui a dans D^2O à 60 pour 100, d'après Abel, Bratu et Redlich, une f. e. m. de 8 mV plus petite que dans H^2O. En soustrayant les énergies (marquées par un *) du cycle correspondant à D^2O, on a

$$1/2(D^* - D) + (I_D^* - I_H) - (H_D^* - H_H) - (H_{Cl}^* - H_{Cl}) = 0,18 \text{ kcal} = 8 \text{ mV},$$

où $1/2(D^* - D) = 0,75$ kcal est la moitié de la différence des énergies libres de dissociation des molécules des deux isotopes, $I_D^* - I_H = 0,085$ kcal est la différence des énergies d'ionisation de D et H. La différence des énergies d'hydratation de H^+ ou D^+ et Cl^- dans H^2O et D^2O (à 60 pour 100): $(H_D^* + H_{Cl}^*) - H_H + H_{Cl}) = +0,7$ kcal à 25°C. est donc beaucoup plus grande et de signe contraire que pour un sel neutre. On doit s'y attendre si l'on considère l'hydratation de H^+ (et D^+) comme résultant de $H^+ + H^2O = H^3O^+ + q$ cal, suivi de l'hydratation de H^3O^+; q est l'énergie de formation d'une molécule et diffère, pour les isotopes, de l'énergie de zéro des molécules correspondantes D^3O^+ et H^3O^+. Pour expliquer l'enrichissement de D^2O par électrolyse, Bell admet une différence de 1,9 kcal; pour H^2O elle est de 1,7 kcal plus grande que pour D^2O, pour OH de 1,4 kcal plus grande que pour OD. Nous trouvons environ 1 kcal.

L'énergie libre de la réaction $AcH_{aq} = Ac_{aq}^- + H^+$ est pour CH^3COOH de 0,7 et pour $ClCH^2COOH$ de 0,6 kcal plus grande dans H^2O que pour AcD dans D^2O, d'après la mesure de Lewis et Schutz. Un cycle analogue au précédent donne :

$$-(Q^* - Q) - (I_D^* - I_H) + (H_D^* - H_H) + (H_{Ac}^* - H_{Ac}) - (H_{AcD}^* - H_{AcH}) = \begin{cases} -0,7 \\ -0,6 \end{cases}.$$

Admettons, ce qui est vraisemblable, que les énergies d'hydratation des ions Ac^- (H_{Ac} et H_{Ac}^*) et Cl^- sont du même ordre de grandeur et que celle de la molécule AcH (H_{AcH} et H_{AcD}^*) est négligeable. Nous trouvons alors que l'énergie libre de la liaison de D dans CH^3COOD et $ClCH^2COOD$ (Q^*) est de 1,2 kcal environ plus grande que la liaison de H dans les acides ordinaires (Q). Cette différence est du même ordre que dans HCl, DCl et HJ, DJ.

Cependant, dans le processus de dissociation, plus de la moitié de cette différence est compensée par l'énergie de la formation de D^3O^+, qui est plus grande que celle de H^3O^+. Par suite on devra trouver une dissociation plus forte pour les deutéroacides, dans lesquelles la différence de la liaison de H et de D est plus faible que la différence de la liaison dans H^3O^+ et D^3O^+. Cela peut être en particulier le cas lorque l'hydrogène est faiblement lié.

Conclusions. — L'hydratation des ions et la dissociation des acides consiste d'une part en actions électrostatiques dues aux molécules du solvant dont l'énergie libre est d'environ 0,05 kcal plus petite dans D^2O que dans H^2O. D'autre part, l'ion peut former des molécules avec le solvant; l'énergie libre résultante est plus grande dans D^2O et la différence atteint 1 kcal pour la molécule D^3O^+. Une différence du même ordre de grandeur apparaît dans l'énergie libre de la liaison de H et de D dans les acides et deutéro-acides. Ces différences semblent provenir surtout de la différence des énergies de zéro.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Production de positrons dans différents éléments.* Note de M. **Sergio De Benedetti**, présentée par M. Paul Langevin.

J'ai mesuré la production des paires (électrons et positrons) dans divers éléments chimiques à l'aide de la méthode de la trochoïde qui permet, comme on le sait, de focaliser les particules de même signe et d'en faire arriver une grande partie sur un appareil de mesure. L'électro-aimant utilisé avait des pièces polaires de 20^{cm} de diamètre, l'entrefer étant de 4^{cm}. L'intensité du champ était de 6500 gauss environ et décroissait rapidement en dehors des pièces polaires. Une source de RaTh (en équilibre avec ses descendants) équivalente à 2^{mg} de Ra, était placée dans la région où le gradient du champ était le plus grand. Elle se trouvait dans un tube en verre scellé, enfoncé dans un sillon pratiqué dans la partie supérieure d'un petit bloc en paraffine, sur laquelle on posait les substances à étudier. Celles-ci avaient été coupées sous forme de petites plaques rectangulaires de 34×42^{mm} et avaient une masse superficielle de 1 g/cm². Le centre de gravité de chaque plaque se trouvait toujours à la distance de 4^{mm} de la source.

Symétriquement à la source par rapport aux pièces polaires et dans le même plan horizontal se trouvait un compteur de Geiger et Müller qui avait un diamètre de 1^{cm}; sa paroi était en aluminium de $0^{mm},1$, la longueur du fil était de $1^{cm},5$. Des blocs épais en plomb ont été convenablement disposés afin de réduire au maximum le rayonnement direct de la source et d'empêcher les électrons négatifs d'arriver au compteur.

Des expériences préliminaires ont montré que l'absorption (pour une masse superficielle donnée) des positrons engendrés par le même rayonnement était, dans la limite des erreurs expérimentales, indépendante du

numéro atomique de l'élément irradié. Ceci permet donc de ne pas tenir compte dans les mesures en question de l'absorption dans l'air et dans la paroi du compteur. La valeur trouvée pour l'absorption montre en outre que les épaisseurs des petites plaques utilisées étaient suffisantes pour éliminer tous les positrons engendrés dans le verre et dans la paraffine environnant la source.

Les mesures consistaient à compter le nombre des impulsions provoquées dans le compteur par minute, la plaque à étudier se trouvant au-dessus de la source; de ce nombre on a soustrait le nombre de coups enregistrés en absence de la plaque et avec un écran de plomb placé sur le chemin des positrons provenant directement de la source.

Voici les résultats obtenus avec différents éléments. Les nombres de la première ligne représentent les sommes de quatre séries de mesures de 5 minutes chacune, et ceux de la deuxième indiquent l'erreur statistique moyenne :

C.	Mg.	Al.	S.	Cu.	Zn.	Sn.	Pb.
477	844	892	1131	1807	1908	2850	4625
±43	±47	±47	±50	±56	±57	±65	±77

D'après Oppenheimer et Plesset ([1]) la probabilité de production des paires par les rayons γ est proportionnelle au carré du numéro atomique Z. Comme dans nos expériences le nombre des noyaux dans chaque plaque est inversement proportionnel au poids atomique A de l'élément, cette théorie conduit à prévoir la proportionnalité entre le nombre des coups et Z^2/A, puisque l'absorption est indépendante de Z ([2]).

Cette prévision est confirmée, d'une manière satisfaisante pour tous les éléments étudiés, comme il résulte du fait que les nombres suivants, représentant les rapports entre les nombres donnés plus haut et Z^2/A, sont constants dans la limite des erreurs expérimentales

C.	Mg.	Al.	S.	Cu.	Zn.	Sn.	Pb.
159	143	142	142	137	138	135	142
±14	±8	±7,5	±6	±4	±4	±3	±2,5

Remarquons toutefois que l'écart de la proportionnalité présenté par le charbon paraît être supérieur à l'imprécision des mesures. De nouvelles expériences avec des éléments légers sont en cours afin d'éclaircir ce point.

(1) *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 53.
(2) J. Thibaud, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 781.

Mais on peut conclure dès maintenant que, pour les éléments plus lourds tout au moins, la production des paires s'effectue essentiellement suivant le mécanisme de la matérialisation des rayons γ, qui constitue la base de la théorie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'abaissement du point d'eutexie glace + sulfate de potassium.* Note de M. **Henri Muller**, présentée par M. Georges Urbain.

Les expériences antérieures, faites en ajoutant aux eutectiques binaires glace-sel (¹) des non-électrolytes et des sels solubles, ont montré que les sels qui ont un ion commun avec le sel de fond de l'eutectique donnent sensiblement le même abaissement moléculaire à l'origine K_0 que les non-électrolytes. Par exemple le nitrate de sodium donne dans l'eutectique glace + nitrate de potassium pratiquement le même K_0 que l'urée et le saccharose.

Ce résultat peut être interprété de deux manières :

1° *Hypothèse de la dissociation partielle.* — Dans l'eau le nitrate de sodium est dissocié partiellement en NO^{3-} et Na^+. Dans la solution de l'eutectique glace + nitrate de potassium, les ions nitrate, provenant du sel de fond, contrarient la dissociation du nitrate de sodium ajouté, par suite son K_0 doit se rapprocher de celui des non-électrolytes. Le fait qu'ils sont sensiblement égaux montre que la dissociation du sel ajouté est entravée d'une manière pratiquement totale.

2° *Hypothèse de la dissociation totale.* — Le nitrate de sodium ajouté est totalement dissocié même dans la solution saturée de nitrate de potassium. L'ion commun NO^{3-} n'abaisse pas la température d'eutexie, seul l'ion Na^+ agit et agit comme une molécule entière.

Pour choisir entre les deux hypothèses nous avons travaillé avec l'eutectique glace + sulfate de potassium. Cet eutectique fond à $-1°,52$ et sa constante est 18 comme on le voit d'après le Tableau suivant :

	Urée.	KOH.	NO^3K.	SO^4Cd.	SO^4Mg.	Cl^2CO.	PO^4Na^3.
K_0.....	18,1	17,8	18,2	17,8	17,8	$3\times 18,0$	$4\times 18,2$

(¹) Eutectique glace + nitrate de potassium, E. Cornec et H. Muller, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1735; Eutectique glace + chlorure d'ammonium, H. Muller et J. Noël, inédit.

Le *sulfate de sodium* doit donner des résultats différents suivant l'une ou l'autre hypothèse. D'après la première sa dissociation est entravée par les ions $SO^{4=}$ provenant du sel de fond de l'eutectique, l'abaissement K_0 doit être voisin de 18. D'après la seconde hypothèse la molécule de sulfate de sodium fournit un ion $SO^{4=}$ qui n'agit pas et deux ions Na^+ qui agissent chacun comme une molécule entière, l'abaissement K_0 doit être voisin de 36. L'expérience ayant donné 36,0 et la même valeur pour le *sulfate de lithium*, on est conduit à adopter l'hypothèse de la dissociation totale.

Forme des courbes. Cas de l'acide sulfurique. — Pour toutes les substances citées plus haut nous avons obtenu des lignes abaissements moléculaires-concentrations qui s'écartent peu des droites. L'acide sulfurique a donné également une droite, ce qui est remarquable, car il se comporte d'une toute autre manière dans les eutectiques glace + nitrate de potassium et glace + chlorure d'ammonium où il donne des lignes fortement incurvées et des abaissements moléculaires anormalement petits dès que la concentration augmente.

Nous croyons que les faits peuvent s'expliquer de la manière suivante :

Dans les eutectiques glace + nitrate de potassium et glace + chlorure d'ammonium, l'acide sulfurique est totalement dissocié en ions H^+ et SO^4H^-, ces derniers se dissocient partiellement en H^+ et $SO^{4=}$ et cette seconde dissociation, plus ou moins avancée suivant la concentration, entraîne la courbure de la ligne abaissements moléculaires-concentrations.

Dans l'eutectique glace + sulfate de potassium, les ions $SO^{4=}$ provenant du sel de fond entravent la seconde dissociation, il n'intervient pratiquement que la dissociation totale en SO^4H^- et H^- et l'on obtient sensiblement une droite comme dans le cas général. L'abaissement moléculaire à l'origine est $2 \times 18,0$, ce qui est normal puisque les ions H^+ et SO^4H^- n'existent pas dans le corps de fond.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les phénomènes électriques qui accompagnent la formation des organomagnésiens.* Note de M. **Pierre Brun**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons signalé déjà nos premiers résultats, sur la formation des organométalliques magnésiens ([1]). Nous allons faire connaître maintenant

([1]) P. Brun, *Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 867.

la suite de nos recherches. On a déjà établi que les organomagnésiens peuvent être décomposés par le courant électrique ([1]). Nous fondant sur cette observation, nous avons donc émis l'hypothèse que la dissolution du magnésium dans les dérivés halogénés des carbures devait s'accompagner de phénomènes électriques analogues à ceux qui accompagnent la dissolution d'un métal dans un électrolyte.

Nous avons mis en évidence, tout d'abord, l'apparition d'un courant électrique entre le magnésium et la solution en constituant une pile au moyen de deux électrodes, l'une de magnésium, l'autre de platine, plongées dans une dissolution de bromure d'éthyle dans l'éther absolu. En reliant ces deux électrodes à un microvoltamètre à iodure de zinc, suivant la méthode de Herroun ([2]), nous avons constaté que la dissolution de un atome-gramme de magnésium libère approximativement des quantités d'électricité de l'ordre du dixième de coulomb.

Nous avons étudié plus complètement les conditions de ce phénomène en nous servant toujours de ce même bromure. Nous avons mis en évidence ainsi l'importance de la pureté du magnésium : étant donné, par exemple un échantillon de magnésium pur en tournures employé à la préparation des dérivés de Grignard, et un échantillon de magnésium pur distillé dans le vide, les quantités d'électricité mises en jeu pour la dissolution d'une même masse de métal sont les mêmes, mais les intensités des courants et les potentiels de contact sont assez différents pour que nous ayons pu constituer des micro-piles en prenant pour électrodes une lame de chaque échantillon.

Nous avons donc adopté pour nos expériences le magnésium pur en copeaux. Nous avons constaté ensuite que les intensités des courants, entre le magnésium et la solution, pour des électrodes de 2^{cm^2} de surface, environ, placées à moins de 1^{cm} de distance, varient du cent-millionième au millionième d'ampère, augmentent avec la concentration de la solution éthérée en bromure, passent par un maximum pour les mélanges contenant une molécule de bromure pour deux d'éther, et décroissent très vite ensuite.

Nous avons voulu suivre également les variations de conductibilité de ces mêmes solutions au cours de la réaction. Nous n'avons pu opérer que

---

(1) Kondirew et Manojew, *Ber.d. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 464.

(2) *Phil. Mag.*, 11, 1895, p. 128.

dans des limites assez étroites de concentrations; car, pour les faibles concentrations, il faut chauffer la solution pour amorcer la dissolution et, pour les solutions trop concentrées, il est difficile d'éviter l'échauffement spontané du liquide, dû à la chaleur dégagée par la réaction même.

Nous ne donnerons donc que les résultats obtenus avec des solutions contenant de 25 à 35 pour 100 de bromure dans l'éther absolu. La conductibilité, nulle au début, augmente lentement au cours de la réaction, et atteint des valeurs de l'ordre de 10^{-7} mho, et ne décroît pas sensiblement une fois la réaction terminée.

Nous avons mesuré enfin le potentiel de dissolution du magnésium, soit au moyen d'un électromètre de Debierne, de faible capacité, soit par la méthode d'opposition, au moyen d'un potentiomètre de Northrop, sensible au 10^{-4} volt, et muni d'un amplificateur à lampes. Nous avons constaté que le faible potentiel initial (de l'ordre du dixième de volt) du contact métal-solution augmente très vite dès que la réaction commence, passe par un maximum voisin de 2,2 volts, puis retombe assez vite au-dessous de 1 volt, ce qui donnerait, au cours de la réaction, au potentiel de dissolution une valeur moyenne de 1 volt à 1,5 volt. Ces nombres sont de l'ordre de ceux que viennent de publier des auteurs étrangers [1] qui trouvent des voltages de 1,27 volt à 1,29 volt pour le potentiel de décomposition de ce même bromure de méthyle magnésium, et de l'ordre de grandeur de sa tension de polarisation, 1,49 volt.

En conclusion, nous croyons pouvoir affirmer que notre hypothèse initiale a été vérifiée et que la dissolution d'un métal dans un éther halogéné, réaction qui aboutit à la formation d'un composé organométallique, est un phénomène comparable à la dissolution d'un métal dans un électrolyte.

Nous avons étudié également d'autres bromures homologues, aliphatiques et cycliques, ainsi que des iodures : l'allure générale du phénomène est la même, les nombres obtenus sont seuls différents.

---

[1] W. V. Evans, F. H. Lee et C. H. Lee, *Journ. of. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 489.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Existence de couches superficielles sur le fer montrée par la force électromotrice du métal plongé dans l'eau.* Note de MM. **Stéphan Procopiu** et **D. Umanschi**, transmise par M. Aimé Cotton.

L'étude des propriétés magnétiques a montré qu'il y a sur le fer une couche superficielle qui a des propriétés magnétiques différentes de celles des couches profondes ([1]).

On peut aussi montrer l'existence de cette couche superficielle par ses propriétés électrochimiques en prenant deux électrodes de fer, en les plongeant dans l'eau pure ou l'eau acidulée, et en mesurant la force électromotrice après avoir détruit la couche superficielle sur l'une de ces électrodes. Pour cela il suffit de maintenir pendant quelque temps, 20 à 80 minutes, une des électrodes dans le liquide, avant d'introduire l'autre.

Des expériences antérieures nous avaient montré en effet que, si l'on dépose par électrolyse une couche de fer sur du laiton, elle se redissout dans le liquide électrolytique ou dans l'eau acidulée.

Entre une électrode ancienne et une électrode nouvellement introduite, il s'établit une force électromotrice qui mesure la différence entre les propriétés électrochimiques du fer dépourvu ou non de la couche superficielle et qui deviendra nulle lorsque la couche superficielle de la seconde électrode sera dissoute à son tour.

Pour avoir des électrodes de fer identiques, nous avons déposé par électrolyse sur des tubes de laiton, des couches de fer, d'épaisseurs comprises entre $30^{m\mu}$ et $1000^{m\mu}$. Les lames déposées étaient lavées, séchées et maintenues à 100°C. dans l'étuve, environ 40 heures. On les utilisait, soit immédiatement, soit après quelques jours. Pour les couches très minces, on retenait seulement celles qui, examinées à la loupe, ne montraient pas de discontinuités, ou de fissures qui auraient mis le laiton à découvert. La force électromotrice était mesurée par la méthode d'opposition et l'on répétait les expériences avec 5 à 6 électrodes identiques, dans les mêmes conditions.

Résultats expérimentaux. — 1° Entre une lame de fer électrolytique maintenue pendant 20 à 80 minutes dans *l'eau* et une lame de fer de même épaisseur, nouvellement introduite dans l'eau, il s'établit une force élec-

---

([1]) *Journ. de Phys.*, 7e série, 5, 1934, p. 205.

tromotrice de 0,11 à 0,17 volt. *L'électrode nouvellement introduite est toujours négative* par rapport à l'autre. Dans quelques cas, on a trouvé des forces électromotrices atteignant 0,23 volt.

2° Cette force électromotrice *tend vers zéro* dans un temps de l'ordre de 40 à 90 minutes, temps qui est d'autant plus long que la force électromotrice initiale est plus grande.

3° Dans *l'eau acidulée*, entre une lame de fer électrolytique introduite depuis 40 à 80 minutes et une lame de fer nouvellement introduite, il s'établit une force électromotrice de 0,08 à 0,10 volt qui s'annule dans un intervalle de temps de 30 à 40 minutes. L'effet est plus compliqué si les lames ne sont pas bien séchées.

4° Une lame de fer électrolytique de $250^{m\mu}$ dépaisseur maintenue dans la même eau acidulée, se dissout complètement dans un intervalle de temps de 20 à 21 heures. Si l'on attribue à la couche superficielle la même vitesse de dissolution que pour les couches intérieures, on peut calculer que l'épaisseur x de cette couche superficielle, qui perd ses propriétés électrochimiques pendant 40 minutes doit avoir une épaisseur de l'ordre de 8 millimicrons.

5° Des lames minces de cuivre électrolytique présentent des phénomènes analogues ([1]). L'électrode de cuivre, nouvellement introduite dans l'eau, est plus négative que l'autre, et la force électromotrice est de l'ordre de 0,03 volt.

6° Si une des électrodes, retirée du liquide, est séchée et tenue dans *l'air*, sa couche superficielle se reconstitue : remise dans l'eau, cette électrode est de nouveau *négative* par rapport à celle qui est restée dans l'eau. Mais la force électromotrice constatée est plus petite et revient à zéro plus rapidement.

7° Des phénomènes analogues sont constatés pour des électrodes de fer obtenues par *dépôt cathodique* sur du verre. L'électrode nouvellement introduite dans l'eau est plus négative.

En résumé, il y a sur le fer (et sur le cuivre) une couche superficielle d'environ 8 millimicrons d'épaisseur, qui a des propriétés électrochimiques différentes de celles de l'intérieur du métal.

La couche superficielle possède une plus grande énergie de réaction avec l'eau; cette couche doit probablement ses propriétés à des gaz (de l'hydrogène et surtout de l'air) adsorbés à la surface.

([1]) S. Procopiu, *Journ. de Chimie phys.*, **19**, 1921, p. 129.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur l'effet Raman dans les mélanges sulfonitriques.* Note [1] de M. **Jean Chédin**, présentée par M. Charles Fabry.

L'étude des spectres Raman des mélanges ternaires acide nitrique, acide sulfurique et eau, à faible teneur en eau, montre, entre autres particularités, l'existence d'une raie fine très caractéristique, dont la fréquence propre oscille très peu autour de 1400 cm^{-1} [2].

Cette raie existe, mais très faible, sur les clichés fortement posés d'acide nitrique à 99,6 pour 100. L'acide nitrique était obtenu par distillation d'acide fumant additionné d'acide sulfurique; il passait vers 22° sous 4^{cm} de mercure et traversait, avant de se condenser, une colonne rectifiante de Christner. Le produit obtenu, étendu d'eau et neutralisé, restait parfaitement limpide quand on y ajoutait du chlorure de baryum.

Nous avons été ainsi amené à penser que la raie 1400 provenait de l'acide nitrique seul, et plus exactement, pouvait correspondre à l'une des vibrations de la molécule d'anhydride azotique N^2O^5. D'autres arguments militaient également en faveur de cette hypothèse :

a. Les spectres d'une série de mélanges à 15 pour 100 NO^3H montrèrent que, pour le mélange anhydre 15 $NO^3H.85 SO^4H^2$, aucune raie nitrique n'apparaît, on ne voit que les raies de l'acide sulfurique et la raie 1400. A 5 pour 100 d'eau, 15 $NO^3H.80 SO^4H^2.5 H^2O$, la raie 1400 faiblit et les raies de l'acide nitrique apparaissent. Vers 16 pour 100 d'eau, la raie 1400 a disparu et les raies NO^3H sont très renforcées.

b. Les spectres d'une série de mélanges à 18 pour 100 SO^4H^2 présentent les caractères suivants. Le spectre du mélange anhydre : 82 $NO^3H.18 SO^4H^2$ comporte les raies de l'acide nitrique (1400 comprise) et, très faibles, celles de l'acide sulfurique. L'addition de 5 pour 100 H^2O fait disparaître la raie 1400 sans modifier l'apparence des raies SO^4H^2.

On a pris des spectres de solutions de N^2O^5 dans l'acide nitrique. Malgré le refroidissement auquel étaient soumis les mélanges pendant la pose, ils jaunissent légèrement et absorbaient en partie dans le violet.

Dès 15 pour 100 de N^2O^5, la raie 1400 atteint une intensité très notable, comparable à celle de la forte raie NO^2 (1295) de l'acide nitrique. Les clichés montrent également une raie à 1050 cm^{-1}.

---

(1) Séance du 25 mars 1935.

(2) Médard, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1615. Un des nombres du tableau donné plus loin est emprunté à ce travail.

Enfin, la raie 1400 existe dans les spectres de solutions de P^2O^5 dans l'acide nitrique. Les mélanges à 20 pour 100 en poids de P^2O^5 étaient pâteux et troubles. Abandonnés dans l'obscurité pendant une journée, ils redevenaient limpides, légèrement jaunis.

Dans les mélanges sulfonitriques à faible teneur en eau, on aurait donc un équilibre entre NO^3H, N^2O^5 et SO^4H^2 plus ou moins hydraté. Des mesures quantitatives systématiques vont être entreprises, pour préciser la répartition de ces constituants dans les divers mélanges. Dès maintenant nous pouvons donner le domaine d'existence de la raie 1400.

NO^3H (%)	12	14,5	22	50	80
La raie 1400 disparaît vers (% d'eau)	17	16	14	10	4,5

Ainsi, quand on ajoute de l'eau dans un mélange anhydre donné, en laissant constante la quantité d'acide nitrique, la raie 1400 persiste d'autant plus longtemps qu'il y a dans le mélange plus d'acide sulfurique pour fixer l'eau ajoutée et l'eau de déshydratation de l'acide nitrique.

Ajoutons qu'une raie Raman nouvelle apparaît, dans les spectres de certains mélanges sulfonitriques, soumis à l'ébullition, puis refroidis. L'ébullition de mélanges à forte teneur en acide sulfurique (85 à 90 pour 100), contenant environ 10 pour 100 d'acide nitrique et très peu d'eau, a lieu à température suffisamment élevée pour qu'il y ait décomposition de l'acide nitrique. Les vapeurs nitreuses résultantes colorent le liquide en jaune; celui-ci en se refroidissant devient incolore, et soumis à l'effet Raman présente une raie nouvelle : $\Delta\nu = 2320\ cm^{-1}$. Il est probable que les vapeurs de peroxyde d'azote se dissolvent dans l'acide sulfurique, en donnant du sulfate de nitrosyle. C'est à ce corps que nous attribuons la raie 2320.

MÉTALLURGIE. — *Sur les variations de propriétés mécaniques observées sur un alliage aluminium-magnésium en fonction de l'affinage.* Note (¹) de M. **Henri Fournier**, présentée par M. Léon Guillet.

On sait qu'on utilise dans la fonderie des alliages d'aluminium des flux épurateurs ou des traitements par des gaz effectués avant coulée (²).

(¹) Séance du 8 avril 1935.

(²) D. R. Tullis, *J. Inst. of Metals*, 40, 1928, p. 55; Rosenhain, Grogan et Schofield, 44, 1930, p. 305; Hanson et Slater, 46, 1931, p. 187; Grogan et Schofield, 49, 1932, p. 301; Steinhauser, *Metallwirtschaft*, 12, 1933, p. 284.

J'ai examiné dans ce travail les conséquences que de telles additions pouvaient avoir sur les propriétés d'alliages aluminium-magnésium à l'état coulé.

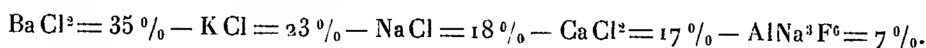
Traitements. — J'ai établi que le chlore, pouvant exister dans des alliages du type choisi, était éliminé par des additions de fluorures ainsi qu'il l'a été montré pour le magnésium [1].

J'ai ensuite envisagé les traitements suivants, effectués sur des alliages aluminium-magnésium de pureté courante contenant un peu de manganèse, de fer et de silicium.

1° Addition de flux salins :

a. Fluosilicate de sodium;

b. Mélanges décapants parmi lesquels je citerai celui à base de chlorures et de cryolithe de composition



$BaCl^2 = 35\,\% - KCl = 23\,\% - NaCl = 18\,\% - CaCl^2 = 17\,\% - AlNa^3F^6 = 7\,\%$.

2° Traitement par des chlorures de métaux susceptibles d'être réduits avec incorporation du métal dans l'alliage :

a. Chlorure de manganèse; *b*, chlorure de molybdène; *c*, chlorure de titane.

3° Traitement par des gaz : *a*, azote sec ou *b*, azote puis chlore sec entraîné par l'azote.

4° Addition de métaux plus électropositifs que l'aluminium : sodium [2].

Les additions chlorées ont été suivies d'un traitement au fluorure d'ammonium, sauf les barbottages de gaz ou de vapeurs dont j'ai emprunté la technique aux travaux antérieurs.

Essais. — L'alliage traité à 750° était coulé en source à 730°-750° dans des moules permettant d'obtenir par coulée en sable étuvé ou par coulée en coquille des jets de 15^{mm} de diamètre dans lesquels il était prélevé une éprouvette de traction permettant la mesure : de la charge de rupture R, de la limite élastique apparente E_a, de l'allongement pour 100 A %, de la limite élastique proportionnelle E_p et du module d'élasticité μ; ces deux dernières grandeurs étant déterminées par la méthode de Martens.

Afin de révéler les corrosions intercristallines, pouvant être consécutives à certains traitements, les éprouvettes ont été abandonnées pendant un an avant essai.

---

(1) R. de Fleury et Caillon, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 133.

(2) Gwyer et Philipps, *J. Inst. of Metals*, 36, 1926, p. 283; 38, 1927, p. 29.

Résultats d'essais de traitements à l'état liquide d'un alliage Al-Mg.
(Composition de l'alliage : Mg = 6,40 %; Mn = 0,38 %; Si = 0,34 %; Fe = 0,47 %.
Température de traitement : 750°. Température de coulée : 730-750°.)

	Propriétés mécaniques déterminées après un an.									
	Après coulée en sable étuvé.					Après coulée en coquille.				
Traitements.	R.	E_a.	A %.	E_p.	μ.	R.	E_a.	A %.	E_p.	μ.
Néant	12,4	8,3	1,4	5,3	6050	9	9	0,2	6	6500
	11,2	8,8	0,6	6	5900	14,6	10	1,4	7,3	6350
1 % décapant à base de cryolithe	15,5	9,8	2,4	6,7	6600	5,8	5,8	0	3,3	5400
	16,2	9,6	1,5	7,3	6600	11	9,8	0,2	7,3	6000
0,5 % chlorure de molybdène	14	10	2,8	6	6000	11,5	10	0,7	8	6350
	15	10	1,4	7,3	6400	9,5	9,5	0,7	6,6	6300
Courant lent d'azote	10,8	9	0,5	6	5900	7,2	7,2	0	6,6	6500
	13,5	9,4	1	6,6	6200	8,4	8,4	0	8	6550
Courant lent d'azote puis 0,3 % de chlore.	15	8,5	2,2	6	6500	8,9	8,9	0,7	6	6500
	13,7	9,3	0,9	6,6	6550	13	9,5	1	7,3	6800
Courant lent d'azote puis vapeurs de tétrachlorure de titane (0,10 %)	15	9,5	2,1	6	6900	13,2	8,5	1	7,3	6650
	14,5	9	2,8	6	6900	11,2	10,2	0,2	6	6800
Sodium (0,05 %)	13,8	9,2	1,1	6	6150	9,2	9,2	0,2	4,7	6100
	10,6	7	0,7	4,7	5800	5,6	5,6	0	2	4400

Conclusions. — Les propriétés notées après ces traitements d'alliages aluminium-magnésium de pureté courante sont inférieures à celles observées sur des alliages élaborés à partir de métaux purs (¹), elles sont maxima dans la coulée en sable après emploi du décapant à la cryolithe ou du chlorure de titane.

J'ai observé sur plusieurs coulées à propriétés déficientes des chiffres de limite élastique proportionnelle et de module d'élasticité très inférieurs à ceux obtenus par ailleurs, alors que d'autres essais montrent une limite élastique et un module d'élasticité de valeurs normales.

Des expériences complémentaires sont nécessaires pour éclaircir ce point.

(¹) Herzog et Chaudron, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 2002.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le système iodure de bismuth, iodure de sodium et eau.* Note [1] de Mlle **Marie-Louise Delwaulle.**

L'existence d'iodures doubles de bismuth et de sodium a été signalée, la même année, par Linau [2] et par Nicklès [3]. Le premier obtenait des cristaux grenats : $2 BiI^3$, $3 NaI$, $12 H^2O$. Nicklès obtenait : BiI^3, NaI, H^2O. Récemment, la question a été reprise par M. Daniel Motard [4]. Les iodures doubles préparés par lui sont : BiI^3, NaI; BiI^3, NaI, H^2O; BiI^3, NaI, $2H^2O$, cristaux bruns tirant plus ou moins vers le rouge.

J'ai voulu reprendre le problème en mettant en contact, à différentes températures, uniquement les trois constituants : eau, iodure de bismuth, iodure de sodium et ai étudié systématiquement le système qu'ils constituent. La composition de la phase solide a été déterminée par la méthode des restes de Schreinemackers. Je n'ai donc eu recours à aucun solvant toujours susceptible de modifier la composition du sel double envisagé.

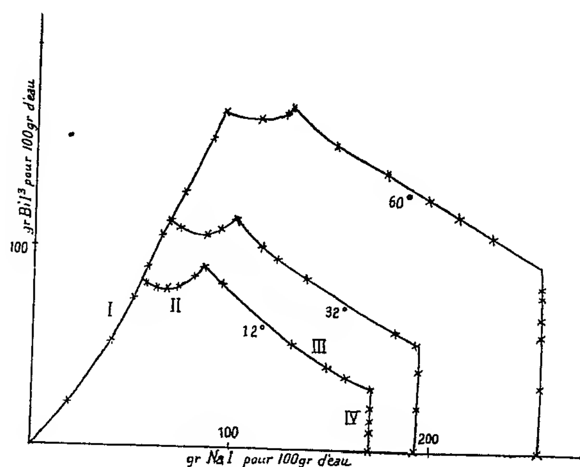


Fig. 1.

J'ai opéré à trois températures : 12°, 32°, 60°. Les résultats obtenus sont traduits par les deux diagrammes ci-joints.

---

(1) Séance du 25 mars 1935.

(2) *Pogg. Ann.*, **242**, 1860, p. 111.

(3) *Comptes rendus*, **51**, 1860, p. 1097.

(4) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 655.

Dans l'intervalle de température étudié, les isothermes de solubilité comprennent quatre branches.

La branche I correspondant au dépôt d'iodure de bismuth. On voit que la solubilité de ce sel dans les solutions d'iodure de sodium est indépen-

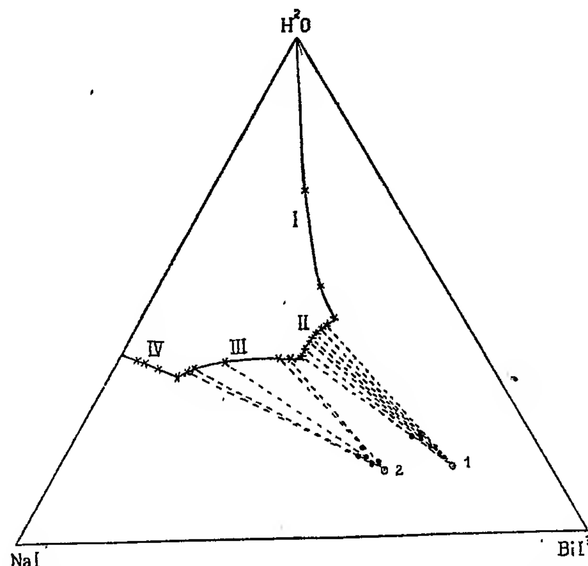


Fig. 2. — Diagramme relatif à 100g de mé ange (à 12°).
O1, BiI^3, NaI, $6H^2O$; O2, BiI^3, 2NaI, $8H^2O$.

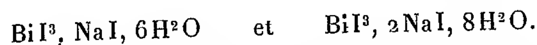
dante de la température. La branche I s'allonge seulement quand la température s'élève.

La branche II correspond an dépôt d'un sel double : BiI^3, NaI, $6H^2O$ comme le montre la figure 2.

La branche III correspond au dépôt d'un autre sel double auquel le schéma 2 fait attribuer la formule BiI^3, 2NaI, $8H^2O$.

La branche IV correspond au dépôt d'iodure de sodium. Elle est sensiblement verticale dans la figure 1 : tant que la liqueur est en équilibre avec l'iodure de sodium, la solubilité de ce sel n'est pratiquement pas modifiée par la présence d'iodure de bismuth.

Entre les températures 12° et 60° on obtient donc, en équilibre avec les solutions aqueuses des deux iodures, deux sels doubles et deux seulement :


BiI^3, NaI, $6H^2O$ et BiI^3, 2NaI, $8H^2O$.

Le premier ne diffère de celui décrit par Nicklès et M. Motard que par le

nombre de molécules d'eau. Il est probable qu'il correspond aussi à celui qu'a préparé Lénau.

Le second n'a jamais été signalé.

Par évaporation lente de solutions convenablement choisies, j'ai obtenu d'assez gros cristaux de ces deux sels doubles.

Tous deux appartiennent au système triclinique

BiI^3, NaI, $6H^2O$ cristallise en longs prismes grenat à base presque rectangulaire.

BiI^3, 2NaI, $8H^2O$ cristallise en prismes rouge vif à base presque rhombique.

Les iodobismuthates de sodium diffèrent par leur nombre de molécules d'eau des sels de potassium correspondants.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'eau sur les métaphosphates de sodium anhydres*. Note de M. **André Boullé**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

Le but de la présente Note est d'exposer :

1° Les transformations subies par les métaphosphates de sodium A' et B antérieurement décrits (1) lors de leur attaque par l'eau;

2° Les résultats obtenus dans l'étude des liquides provenant de l'action de l'eau sur les différentes formes de métaphosphate.

Attaque du métaphosphate A'. — Au contact de l'eau, le métaphosphate A' (provenant de la déshydratation à 290-300° de $P^2O^7Na^2H^2$) se transforme intégralement en donnant : 1° une solution de trimétaphosphate A; 2° un produit insoluble qui, recueilli et séché à froid, a un spectre X identique au spectre du produit B qui provient du chauffage à 450° du méta A' (2).

La vitesse de la transformation : méta $A' +$ eau $\rightarrow \underset{\text{insoluble}}{\text{méta B}} + \underset{\text{dissous}}{\text{méta A}}$ augmente avec la pulvérisation des produits et leur température d'obtention (en ne dépassant pas 420°, car au-dessus de cette température, on prépare facilement le méta B). Dans les meilleures conditions, l'attaque est terminée en moins d'une minute et correspond au passage en solution

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 658 et 832.

(2) Nous avons omis de préciser que les valeurs des angles Θ données dans nos Notes antérieures pour les métaphosphates A et B sont relatives à la raie K_α du cuivre.

de près de la moitié du P^2O^5 initial ; la concentration en P^2O^5 du liquide croît ensuite lentement avec le temps, mais il s'agit alors de l'action de l'eau sur le méta B formé, action qui est décrite ci-après :

La formation du méta B en présence de l'eau à froid est peut-être amorcée par une faible quantité de méta B toujours présent dans le méta A′, comme le montre l'examen des spectres de rayons X, la proportion de méta B dans le mélange augmentant avec la température d'obtention du méta A′ entre 290° et 420°. Nous désignerons par B_1 le métaphosphate ainsi préparé pour le distinguer de celui obtenu par chauffage du méta A′ à 450° et que nous désignerons par B_2. L'analyse thermique et l'examen des spectres X du méta B_1, calciné à diverses températures et trempé brutalement, ne révèlent que la transformation en triméta A à partir de 500°, transformation analogue à celle de B_2.

Mais les deux métaphosphates B_1 et B_2 ne se comportent pas exactement de la même manière en présence de l'eau.

Attaque du métaphosphate B. — L'attaque du produit B_1 fournit une solution colloïdale; la vitesse d'attaque est faible et dépend surtout du degré de pulvérisation du produit, le solide en excès n'étant pas modifié.

Quant au méta B_2, une quantité suffisante d'eau le fait passer intégralement en solution à l'état de trimétaphosphate A.

Étude des liquides. — La méthode employée consiste à évaporer totalement le liquide à froid dans le vide sulfurique et à examiner le spectre X du produit qui se dépose. Dans le cas des métaphosphates A′ et B_2, le résidu de l'évaporation a le spectre du triméta A et est soluble comme lui. Dans le cas du méta B_1, le dépôt provenant de l'évaporation de la solution colloïdale se présente sous forme de lamelles d'aspect vitreux ; le spectre X est celui d'un produit amorphe; on y distingue en plus quelques raies d'une intensité très faible correspondant à un peu de méta B_1 en suspension qui s'est déposé.

Quant au trimétaphosphate A (préparé par la méthode de Knorre ou par chauffage à $550 < t < 640$ de $P^2O^7Na^2H^2$), les cristaux qui se déposent par évaporation ont le spectre du produit initial et sont très solubles; dans ces conditions, les mesures cryoscopiques qui conduisent à la formule $(PO^3)^3Na^3$ sont valables.

D'autre part le produit d'évaporation à 100° d'une solution de trimétaphosphate A ayant bouilli plusieurs jours dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant a un spectre identique à celui du phosphate monoso-

dique anhydre PO^3NaH^2, qui est par suite le terme ultime de l'évolution du métaphosphate en solution.

Les deux expériences précédentes confirment des résultats connus.

Quant au méta C, qui est un verre, la solution soumise à l'évaporation devient de plus en plus visqueuse et donne d'abord un sirop épais, puis des lamelles vitreuses renfermant moins de 5 pour 100 d'eau; leur spectre X est celui d'un produit amorphe; leur solubilité est celle du produit initial et comme lui, elles donnent par recuit à toute température le méta A. On se trouve dans le cas assez rare d'une solution d'un verre qui dépose un produit amorphe.

En résumé, nous avons donné un mode de formation nouveau du métaphosphate B_1 qui justifie les réserves que nous avons faites antérieurement pour la solubilité du méta A'. L'attaque par l'eau du méta B_1 ainsi préparé étant toute différente de l'attaque du méta B_2 déjà décrit, nous estimons utile de distinguer ces produits par un indice; le méta B_1 paraît très peu soluble par suite de la faible vitesse d'attaque et la solution est colloïdale.

L'ensemble des résultats obtenus sur les métaphosphates de sodium anhydres éclaire la question des sels insolubles décrits par Maddrell ([1]).

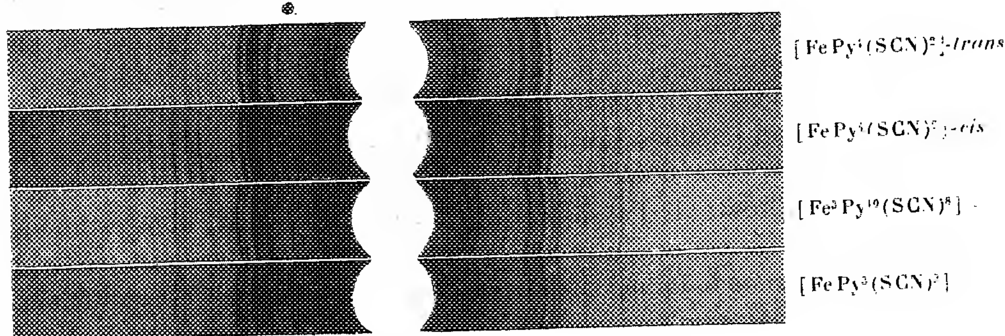
Dans les études plus récentes sur les métaphosphates alcalins dans lesquelles n'était mise en œuvre aucune méthode d'analyse cristalline, les mélanges de corps définis obtenus par calcination ou par lavages ne pouvaient être distingués des composés purs; et c'est ce qui explique certaines divergences entre les résultats antérieurs et les nôtres.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude de quelques sulfocyanures complexes de fer avec la pyridine.* Note ([2]) de MM. **Osias Binder** et **Pierre Spacu**, transmise par M. Georges Urbain.

M. G. Spacu ([3]) a décrit un composé $[FePy^4(SCN)^2]$ de couleur noire qu'il considère comme étant un stéréoisomère du produit jaune de Grossmann et Hünseler ([4]). Cependant MM. Rosenheim, Roehrich et

([1]) *Liebigs Ann.*, 61, 1847, p. 53.
([2]) Séance du 8 avril 1935.
([3]) *Ann. sc. Univ. Jassy*, 8, 1914, p. 175, et 9, 1915, p. 347.
([4]) *Z. anorg. Chem.*, 46, 1905, p. 361.

Trewendt[5] (1) ont préparé dernièrement un sel violet foncé, auquel ils attribuent la formule $[Fe^3Py^{10}(SCN)^8]$, et qu'ils supposèrent être identique à celui préparé auparavant par M. G. Spacu par une autre voie. Ils en concluent que, si leur supposition est exacte, l'isomérie admise par ce dernier n'existerait pas. Bien que M. G. Spacu (2) ait justifié ses vues et démontré le non fondé des conclusions de M. Rosenheim, ce dernier estime que de nouvelles recherches devraient encore être faites (3).



M. Asmussen (4), par une étude de susceptibilité magnétique, a conclu que les ammines de Grossmann et M. G. Spacu sont des combinaisons bien définies, tandis que l'ammine de M. Rosenheim est un mélange dont la composition varie pour chaque préparation, et qui par suite n'a rien de commun avec le composé de M. G. Spacu.

L'étude aux rayons X (radiation K du fer) des poudres de ces produits était opportun. Outre les complexes cités plus haut, nous avons étudié le sel de Barbieri et Pampanini (5) $[FePy^3(SCN)^3]$, étant donné que ce sel est considéré par Rosenheim lui-même comme le principal constituant du produit $[Fe^3Py^{10}(SCN)^8]$.

Les résultats que nous avons obtenus sont les suivants :

1° Les complexes $[FePy^4(SCN)^2]$ et $[FePy^3(SCN)^3]$ ont des spectres de diffraction de rayons X caractéristiques.

2° Les spectres X de l'ammine $[FePy^4(SCN)^2]$ variétés jaune et noir

(1) *Z. anorg. Chem.*, **207**, 1932, p. 107.
(2) *Z. anorg. Chem.*, **216**, 1933, p. 165 et *Z. Elektrochemie*, **40**, 1934, p. 125.
(3) *Z. anorg. Chem.*, **216**, 1933, p. 173.
(4) *Z. anorg. Chem.*, **218**, 1934, p. 425.
(5) *Atti Linc.*, II, 5e série, **19**, 1910, p. 591.

(effectués en atmosphère de pyridine pour éviter la décomposition) sont identiques.

L'étude aux rayons X de plusieurs stéréoisomères classiques nous a permis de constater que dans les cas étudiés les formes *cis* et *trans* possèdent des spectres de diffraction identiques. De plus, si l'on tient compte de la transformation possible de ces deux variétés l'une dans l'autre dans différents solvants organiques, et surtout du fait qu'elles possèdent le même poids moléculaire (¹), on ne peut conclure qu'à l'isomérie stérique, la forme *trans* doit revenir vraisemblablement au dérivé jaune qui est le plus stable, la forme *cis* au dérivé noir.

3° Le produit de M. Rosenheim est bien différent de celui de M. G. Spacu (ou Grossmann), ainsi que le montrent les spectres X. Par contre son spectre est identique à celui du sel de Barbieri et Pampanini. Cependant le produit de Rosenheim contient en partie des ions Fe^{++}, que nous avons mis en évidence avec le réactif phosphomolybdique de Fontès et Thivolle, et par suite nous sommes conduits à admettre, avec MM. G. Spacu et Asmussen, que le sel de Rosenheim n'est pas une combinaison définie, mais bien un mélange formé principalement du sel de Barbieri et Pampanini avec une petite quantité du sel $[FePy^4(SCN)^2]$. Ceci est d'ailleurs en accord avec les résultats analytiques de M. Rosenheim qui, sur dix préparations, n'en a signalé que deux presque en accord avec la formule qu'il a proposée, et qui a néanmoins cru pouvoir admettre l'existence d'une nouvelle combinaison définie.

Tous ces résultats confirment entièrement la réponse de M. G. Spacu à M. Rosenheim, et démontrent qu'il existe bien une isomérie pour les sulfocyanures tétra-pyridino-ferreux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Mécanisme de l'action de l'ammoniac liquide sur le pentachlorure de phosphore.* Note de MM. **Henri Moureu** et **Paul Rocquet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons montré (¹) que l'action de l'ammoniac liquide sur le pentachlorure de phosphore conduit à un produit (A) de composition globale PN^3H^4, substance-mère du phospham, qui en dérive par perte d'une molécule d'ammoniac. Le présent exposé a pour but de démontrer que le

(¹) H. Moureu et P. Rocquet, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1643.

corps A n'est lui-même qu'un produit intermédiaire, et que le terme initial de la réaction est constitué par un amidure $P(NH^2)^5$.

La phosphopentamide $P(NH^2)^5$. — Ce composé, dont l'existence fut envisagée par Perpérot (1), n'est pas isolable en raison de sa facile dissociation et de sa solubilité dans l'ammoniac liquéfié. Nous avons réussi cependant à en manifester l'existence et à en établir la constitution.

A cet effet, on introduit une quantité connue de pentachlorure PCl^5 dans une ampoule en verre, que l'on soude à un manomètre et à une trompe à mercure, celle-ci permettant à volonté d'extraire et de recueillir les gaz. Après avoir fait le vide, on liquéfie un gros excès d'ammoniac dans l'ampoule; la réaction qui prend naissance se manifeste par la dissolution complète du chlorure mis en œuvre. L'ampoule est alors placée dans un thermostat réglé à 0°.

Dès que l'ammoniac en excès a été éliminé, on observe l'existence d'une pression fixe de 1036^{mm}; elle correspond à la tension de dissociation à 0° du composé $NH^4Cl.3NH^3$ (2). En mesurant le volume total d'ammoniac recueilli sous cette pression, on a donc la possibilité de compter le nombre de molécules de chlorure d'ammonium formées au cours de la réaction; on constate ainsi que les 5 atomes de chlore du chlorure de phosphore initial sont maintenant à l'état de chlorure d'ammonium.

Si l'on continue à retirer les gaz après que l'on a cessé d'observer cette tension fixe, on constate que la pression diminue progressivement sans jamais avoir tendance à croître, même après plusieurs jours. Ce n'est que pour des pressions inférieures à 300^{mm} que l'on voit la pression remonter lentement, sans d'ailleurs atteindre une limite constante. Ceci laisse à penser que le composé phosphoré formé subit au-dessous de 300^{mm} une dissociation irréversible.

A cette même température de 0°, on recueille alors, entre les pressions extrêmes de 300 et 1^{mm}, un volume total de gaz ammoniac correspondant sensiblement à 2^{mol} (trouvé 1,87), ce que nous interprétons par la réaction



$$P(NH^2)^5 = PN^3H^4 + 2NH^3.$$

Pour démontrer que le composé initial est bien la phosphopentamide $P(NH^2)^5$, il suffit donc de vérifier qu'il s'est bien formé intermédiairement le produit A PN^3H^4. Dans ce but nous avons mis à profit la transformation

(1) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **37**, 1925, p. 1540.
(2) Troost, *Comptes rendus*, **88**, 1879, p. 578.

que nous avions fait précédemment connaître (*loc. cit.*) du corps A en phospham. Effectivement, en soumettant dans le même appareil le produit phosphoré global à l'action de la chaleur (400° sous 1/10 de millimètre) on recueille finalement une molécule de phospham et une nouvelle molécule de gaz ammoniac, ce qu'exprime l'équation



$$PN^3H^4 = PN^2H + NH^3.$$

Les expériences qui précèdent permettent donc d'affirmer l'existence d'un amidure $P(NH^2)^5$, stable à 0° sous une pression supérieure à 300^{mm} de mercure et pouvant se décomposer d'une manière irréversible en imidoamidure PN^3H^4. Il ne semble pas exister de produit intermédiaire entre les deux composés précédents.

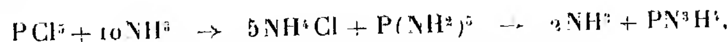
Constitution du corps A PN^3H^4. — L'une des raisons de la non réversibilité de la transformation de l'amidure $P(NH^2)^5$ en imidoamidure PN^3H^4 paraît être due à la polymérisation que doit subir ce dernier composé à mesure qu'il se forme. Voici comment on peut mettre en évidence cette polymérisation.

L'action de l'ammoniac liquide sur le bichloronitrure de phosphore trimère $(PNCl^2)^3$ (1) conduit à l'imidoamidure trimère $(PN^3H^4)^3$; ce composé se dissout dans l'eau et donne par évaporation à froid un produit d'hydratation parfaitement cristallisé. Nous avons obtenu d'une manière analogue l'imidoamidure tétramère $(PN^3H^4)^4$; par hydrolyse, ce composé conduit à un dérivé de l'acide tétramétaphosphimique $[PN(OH)^2]^4$, le tétramétaphosphimate neutre d'ammonium $P^4N^4O^8H^4(NH^4)^4$, $4H^2O$; sel cristallisé que nous avons identifié avec celui que Stockes (2) obtint par une autre voie. Or le corps A PN^3H^4 issu de l'action de l'ammoniac liquide sur le pentachlorure de phosphore donne, après hydrolyse, un mélange de cristaux dont la majeure partie se trouve constituée par les deux espèces cristallines précédentes. Dans les eaux mères on décèle, en outre, de très petites quantités de produits dont nous attribuons la présence à des polymères supérieurs. Ce résultat suffit à démontrer que le produit A n'est pas un composé défini, mais qu'il doit être considéré comme constitué d'un mélange de polymères possédant tous une même composition centésimale PN^3H^4.

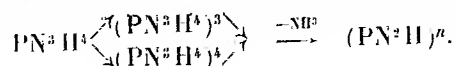
Les expériences qui précèdent permettent d'exprimer le mécanisme de

(1) H. Moureu et P. Rocquet, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1691.
(2) *J. Am. Chem. Soc.*, 18, 1896, p. 780.

l'action de l'ammoniac sur le pentachlorure de phosphore par les réactions suivantes :



$$PCl^5 + 10NH^3 \rightarrow 5NH^4Cl + P(NH^2)^5 \rightarrow 2NH^3 + PN^3H^4,$$



$$PN^3H^4 \begin{cases} \nearrow (PN^3H^4)^3 \searrow \\ \searrow (PN^3H^4)^4 \nearrow \end{cases} \xrightarrow{-NH^3} (PN^2H)^n.$$

Il est à peine besoin de dire que le phospham résultant de ces transformations est nécessairement lui aussi un produit polymérisé, ce qui est en accord avec toutes les propriétés particulières qu'il manifeste (stabilité, non volatilité, insolubilité).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage polarimétrique du mannitol.* Note (1) de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Richard Fosse.

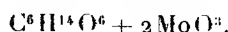
I. Cherchant à déterminer la teneur en mannitol de divers champignons, nous avons été amené à chercher une méthode rapide et assez précise de dosage de ce polyol; le dosage par extraction avec l'alcool est en effet fastidieux et conduit à des résultats approchés par défaut avec une approximation difficile à évaluer. Deux dosages polarimétriques ont été proposés; ils reposent sur le même principe : le mannitol, en solution aqueuse, a un pouvoir rotatoire très faible qui devient notablement droit en présence de borax (2) ou d'anhydride arsénieux (3), alors que ces réactifs n'ont que peu d'influence sur le pouvoir rotatoire des corps qui accompagnent habituellement le mannitol. Nous avons utilisé la méthode à l'anhydride arsénieux : elle est commode, mais peu précise, car les exaltations de rotation lues sont faibles en général.

II. Nous avons alors pensé à utiliser l'exaltation considérable de pouvoir rotatoire provoquée par l'addition d'acide molybdique aux solutions de mannitol; comme cet acide est peu soluble, nous ajoutions aux liqueurs à doser des solutions titrées d'acide sulfurique et de paramolybdate d'ammonium.

Honnelaître (4), à la suite des travaux bien connus de Darmois, a montré que les exaltations observées par Gernez (5) en présence des molybdates

(1) Séance du 8 avril 1935.
(2) *Bull. Soc. Chim.*, 3e série, 11, 1894, p. 329.
(3) *Thèse de Pharmacie*, Paris, 1921.
(4) *Annales de Chimie*, 10e série, 3, 1925, p. 54.
(5) *Comptes rendus*, 112, 1891, p. 1360.

peuvent s'interpréter, si l'on admet l'existence d'un complexe,



$$C^6H^{14}O^6 + 2MoO^3.$$

Dans ses expériences, Honnelaître ajoutait des poids variables de MoO^3 à un poids fixe de mannitol; dans nos contrôles, pour nous rapprocher des conditions d'un dosage, nous ajoutions, à un poids variable de mannitol, 5^{cm^3} d'acide sulfurique normal et 5^{cm^3} d'une solution de paramolybdate de titre 0,1, puis complétions à 50^{cm^3}.

Le tableau suivant indique les valeurs du pouvoir rotatoire apparent (ou du pouvoir rotatoire calculé lorsqu'il y a plus d'une molécule de mannitol pour $2MoO^3$).

Millimol. de Mannitol.	Millimol. de MoO^3.	$\frac{MoO^3}{C^{10}H^{14}O^6}$.	α_{5461}.	α_{5461} cal.
0,747	9,6	12,85	+168°,8	–
0,861	4,8	5,57	+169,1	–
1,689	4,8	2,84	+168,8	–
2,298	4,8	2,10	+167,8	–
2,479	4,8	1,94	+164,4	+169°,5
2,716	4,8	1,76	+148,8	+168°,9

Le pouvoir rotatoire apparent du mannitol, à 20°, a été trouvé en moyenne de +169°, lorsqu'il y a plus de $2MoO^3$ par molécule de polyol.

III. Dans les liquides organiques, le mannitol peut être accompagné de corps susceptibles de gêner le dosage : ce sont d'abord les acides phosphorique, malique et tartrique. Nous avons vérifié que la défécation au sous-acétate de plomb éliminait ces acides sans entraîner de mannitol. Ce sont enfin les oses, qui forment des complexes avec les molybdates; mais il se trouve que ces complexes sont très hydrolysés en milieu acide.

Si le pouvoir rotatoire du glucose n'est pas modifié par MoO^3, nous avons vu au contraire celui du mannose passer de 16°,5 à 20°, alors que celui du fructose tombe de −106° à −100°; ces variations donneraient une erreur de 1 à 2 pour 100 en excès dans le dosage du mannitol si ce dernier était accompagné de quantités égales d'oses. Il suffit, pour ramener cette erreur au-dessous des erreurs de lecture, d'opérer en milieu nettement acide.

Voici, par exemple, comment on peut doser rapidement le mannitol dans un vin :

Le vin mannité artificiellement contenait $4^g,39$ de mannitol par litre; on en prélève 50^{cm^3}; on ajoute 1^g de noir, 5^{cm^3} de sous-acétate de plomb et centrifuge; l'excès de plomb est enlevé par H^2S, l'excès d'H^2S par un courant d'air; on centrifuge PbS et

porte au polarimètre le liquide clair : $\rho = -0°,17$ ($l = 2,2$). A 30^{cm^3} du liquide clair, on ajoute 10^{cm^3} de SO^4H^2 normal et 5^{cm^3} d'une solution N/10 de molybdate, centrifuge et porte au polarimètre : $\rho' = +0°,89$. On en déduit que le vin examiné contenait $4^g,43$ de mannitol par litre.

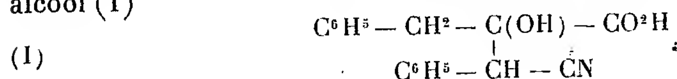
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide phénylpyruvique; étude de son produit de condensation avec le cyanure de benzyle.* Note [1] de M. **Paul Cordier**, présentée par M. Auguste Béhal.

M. Bougault, dans une étude très approfondie des acides α-cétoniques, a montré que l'acide benzylpyruvique est capable de se condenser, en milieu alcalin, avec l'acétone [2] et que l'acide phénylpyruvique peut se condenser avec lui-même en donnant l'acide diphénylpyruvique [3].

Dans le but d'apporter quelque généralisation à ces faits nous avons entrepris l'étude de la condensation de l'acide benzylpyruvique avec le cyanure de benzyle.

I. *Condensation en présence d'alcali.* — Nous avons employé en premier lieu la potasse et opéré en milieu hydroalcoolique et à froid.

Nous avons pu isoler de très petites quantités d'un composé azoté acide, dont la détermination du poids moléculaire par titrage acidimétrique et l'analyse nous ont permis d'attribuer la constitution d'un nitrile acide alcool (I)



(I) $C^6H^5-CH^2-C(OH)-CO^2H$; $C^6H^5-CH-CN$

Le rendement est minime et, étant donné l'instabilité de ce composé en milieu alcalin, nous avons pensé que la réaction aboutissant à la formation de ce corps s'établissait d'une façon réversible.

II. *Condensation en présence de carbonate de potassium.* — Nous avons cherché un autre agent de condensation d'alcalinité plus faible et nous nous sommes adressé au carbonate de potassium.

La condensation du cyanure de benzyle avec l'acide phénylpyruvique s'effectue avec un rendement satisfaisant en présence de carbonate de potassium en milieu hydroalcoolique; elle s'effectue assez rapidement à 100° et plus lentement à la température ordinaire.

---

(1) Séance du 1er avril 1935.

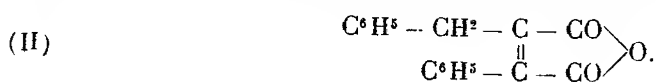
(2) *J. de Pharm. et Chim.*, 7e série, 6, 1912, p. 343.

(3) *J. de Pharm. et Chim.*, 7e série, 6, 1912, p. 340; Mlle Hemmerlé, *Thèse Doct. en Pharmacie*, 1917, p. 24.

Le produit obtenu par précipitation en milieu acide et purification dans le benzène où il est soluble à chaud et très peu soluble à froid correspond à la formule (I). La détermination de son poids moléculaire par acidimétrie et le dosage de l'azote correspondent à la constitution indiquée. Ce produit n'a pas de point de fusion net et se décompose déjà lentement au-dessus de 160°. Il est insoluble dans l'eau, insoluble dans le benzène à froid, plus soluble à chaud, très soluble dans l'éther et l'alcool.

En milieu alcalin concentré il se décompose en régénérant le cyanure de benzyle et l'acide cétonique; en milieu plus dilué sa décomposition a lieu à chaud.

Chauffé en milieu acétique à 100°, le nitrile précédent est hydraté et se transforme en un composé qui est l'anhydride benzylphénylmaléique (II)

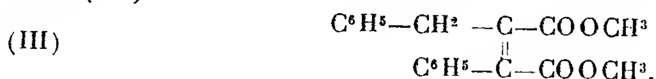
(II) 

Les résultats analytiques concordent avec la formule (II). Ce corps est insoluble dans l'eau, insoluble dans les solutions froides de carbonate de sodium et d'alcalis; il s'y dissout rapidement à l'ébullition.

Les solutions alcalines abandonnent, après acidulation, l'anhydride, l'acide correspondant étant instable dans ces conditions. En milieu alcoolique, à froid, la chaîne anhydridique s'ouvre facilement en présence d'alcali, mais la transformation n'est pas quantitative.

L'anhydride est très soluble dans l'éther et l'alcool à 95°, peu soluble dans l'alcool à 60°, d'où il cristallise en fines aiguilles fondant à 76°.

Nous avons préparé un éther méthylique de l'acide correspondant en chauffant l'anhydride en présence de potasse et d'iodure de méthyle. Cet éther se présente en beaux cristaux prismatiques fondant à 68°, très soluble dans l'éther et l'alcool, insoluble dans l'eau. L'analyse correspond à la formule (III)

(III) 

Il est aisément saponifié en milieu alcoolique par la potasse diluée avec régénération de l'anhydride (II).

Conclusion. — L'acide phénylpyruvique se condense avec le cyanure de benzyle, en milieu alcalin, pour donner le mononitrile benzylphénylmalique; ce composé est transformé en milieu acétique en anhydride benzylphénylmaléique.

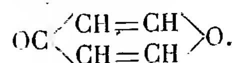
CHIMIE ORGANIQUE. — *Le pentanetriol symétrique*



Note de MM. **Louis Blanchard** et **Raymond Paul**, présentée par M. Robert Lespieau.

Dans un Mémoire sur l'heptanetriol-1.4.7 (¹), M. Hamonet rappelle diverses tentatives, d'ailleurs infructueuses, d'isolement du pentanetriol symétrique $HO.CH^2.CH^2.CHOH.CH^2.CH^2OH$: un certain intérêt s'attachait en effet à la synthèse de ce triol, en ce sens qu'au point de vue structural, il se rapproche de la glycérine ordinaire plus qu'aucun autre de ses homologues.

L'un de nous ayant récemment effectué la synthèse du pentanetriol asymétrique $HO.CH^2.CHOH.(CH^2)^2.OH$ à partir du furfurol (²), nous avons cherché à appliquer la même suite de réactions à la pyrone



Celle-ci s'obtient par décarboxylation de l'acide chélidonique (³) en tenant compte des récentes observations de Cornubert et Robinet (⁴).

Contrairement à ce qui se passe avec les composés à noyau furanique, la pyrone est très difficilement hydrogénée par le noir de platine; la réaction est lente et d'ailleurs n'est jamais complète. Le nickel, préparé par les procédés habituels (⁵) est également un catalyseur très médiocre.

Au contraire, en utilisant un nickel préparé suivant la technique de Raney et en opérant sous des pressions moyennes, nous avons pu obtenir des hydrogénations rapides et intégrales (⁵).

Sous 60^{atm}, à 100°, 56^g de pyrone ont fixé 42 litres d'hydrogène en une demi-heure. La pyrone avait été directement introduite dans la bombe, sans solvant. Par rectification, on isole, à côté d'une faible quantité de tétrahydropyrone, l'époxy-1.5-pentanol-3 (hexahydropyrone) pur, bouil-

---

(¹) *Ann. de Chimie*, 9e série, 10, 1918, p. 1.

(²) R. Paul, *Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 417.

(³) Willstätter et Pummerer, *Ber. Deut. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 3734.

(⁴) Cornubert et Robinet, *Bull. Soc. chim.*, 53, 1933, p. 565.

(⁵) Avec la collaboration partielle de Camille Chaussin.

lant à 90° sous 19^{mm}. Ses constantes n'avaient pas encore été déterminées :

$D_{15}^{14,5} = 1,069$; $N_D^{14,5} = 1,46112$; R. M. = 26,26 calc.; R. M. = 26,19 trouvée.

Il est d'ailleurs à noter que l'hydrogénation se fait en deux phases très nettes comme le montre la courbe des vitesses d'absorption : l'hydrogène se fixe d'abord sur les doubles liaisons puis sur le carbonyle. La différence des vitesses de ces deux réactions est assez grande pour que l'on puisse arrêter l'opération de façon à obtenir uniquement le tétrahydropyrone.

Traitée par un lent courant de gaz bromhydrique à 100°, l'hexahydropyrone conduit au tribromopentane-1.3.5



$BrCH^2.CH^2.CHBr.CH^2.CH^2.Br$,

liquide à peine ambré bouillant à 143° sous 25^{mm}.

Nous pensions passer directement de l'hexahydropyrone à la triacétine du triol correspondant au moyen de l'anhydride acétique : l'époxy-1.4-pentanol-5 donne en effet avec ce réactif à 190° le triacétopentane-1.4.5-par rupture du pont oxydique.

Le cycle hexahydropyranique s'est révélé ici beaucoup plus stable. A 200° l'anhydride acétique est encore sans action sur l'hexahydropyrone. Ce composé a été alors traité par $1^{mol},5$ de gaz bromhydrique et le mélange de mono et de dibromhydrines a été converti en acétines par chauffage avec l'acétate de potassium à 130-140°. Les acétines brutes ont été extraites à l'éther, puis saponifiées par l'hydroxyde de baryum.

On a obtenu ainsi le pentanetriol symétrique



$HOCH^2CH^2CHOH.CH^2CH^2OH$,

sous forme d'un liquide extrêmement visqueux et bouillant non sans décomposition à 188-189° sous 11^{mm}.

En mélangeant avec la quantité théorique d'isocyanate de phényle, on obtient un échauffement notable et bientôt tout se prend en masse. La phényluréthane formée, après plusieurs cristallisations dans le benzène, fond à 154°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Oxydations de l'éthyl-1-cyclohexène-1 et du méthyl-2-butène-2 par l'anhydride sélénieux.* Note de M. **André Guillemonat**, présentée par M. Robert Lespieau.

Divers auteurs [1] ont oxydé des carbures éthyléniques par l'anhydride sélénieux, suivant la méthode appliquée par Riley aux composés cétoniques; j'ai tenté d'étendre les résultats obtenus aux cyclohexènes substitués et aux carbures aliphatiques éthyléniques présentant un carbone tertiaire. Voici les résultats que m'ont fournis l'éthyl-1-cyclohexène-1 et le méthyl-2-butène-2.

J'ai opéré en milieu acétique suivant la technique précédemment décrite par Urion [1] et que j'ai dû modifier pour l'éthylcyclohexène. En effet une molécule de ce carbure traitée en milieu acétique par un quart de molécule d'oxyde sélénieux fournit un mélange d'acétate d'éthylcyclohexényle et d'éthylcyclohexénone difficile à séparer, la combinaison bisulfitiques ne se formant pas dans les conditions habituelles. J'ai obtenu au contraire l'acétate pur en opérant de la manière suivante : l'oxyde sélénieux est ajouté à froid à une solution du carbure dans l'acide acétique additionnée d'un peu d'anhydride acétique. Le mélange est brassé mécaniquement. Dans ces conditions l'oxyde se combine sans qu'il y ait précipitation de sélénium. Lorsque tout l'oxyde a été ajouté, on chauffe à reflux pendant plusieurs heures, le sélénium précipite alors. Après séparation de l'acide acétique, entraînement à la vapeur d'eau et distillation, j'ai obtenu avec un rendement de 37 pour 100 l'acétate d'éthylcyclohexényle.

Acétate d'éthyl-1-cyclohexényle-6. — C'est un liquide dont les constantes sont : Eb. sous $15^{mm} = 89\text{-}90°$; $D_4^{22} = 0{,}970$; $n_D^{22} = 1{,}4647$. RM = 47,85; Th. 47,36. Son spectre Raman est le suivant :

401 (tf), 545 (btf), 618 (bf), 657 (btf), 762 (f), 787 (tf), 851 (bF), 921 (F), 998 (f), 1021 (tf), 1065 (bm), 1188 (m), 1254 (m), 1302 (m), 1332 (bm), 1381 (bm), 1434 (TF), 1448 (bTF), 1672 (TF), 1737 (bm).

Éthyl-1-cyclohexénol-6. — Il a été obtenu par saponification du produit précédent. C'est un liquide visqueux dont les constantes sont : Eb. sous $12^{mm} = 82\text{-}83°$; $D_4^{22} = 0{,}9536$; $n_D^{21} = 1{,}4835$. RM = 37,80; Th. = 38,00. Son spectre Raman est le suivant :

---

[1] Voir en particulier : Dupont, Zacharegwicz et Dulou, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1699; Urion, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 363.

304 (tf), 358 (tf), 478 (f), 554 (f), 611 (btf), 645 (btf), 707 (m), 793 (m), 849 (bm), 886 (f), 918 (m), 963 (bf), 1051 (bF), 1080 (m), 1102 (m), 1183 (m), 1217 (f), 1253 (F), 1271 (F), 1300 (m), 1347 (m), 1381 (f), 1433 (TF), 1451 (bF), 1667 (TF).

Éthyl-1-cyclohexénone-6. — L'oxydation chromique de l'alcool précédent fournit une cétone dont les constantes sont : Eb. sous $15^{mm} = 78\text{-}80°$; $D_4^{24} = 0,952$; $n_D^{24} = 1480$. RM = 36,98; Th = 36,388; ΔRM = 0,6. Son spectre Raman est le suivant :

246 (btf), 302 (bf), 485 (bf), 595 (tf), 672 (f), 717 (f), 820 (f), 852 (f), 879 (m), 911 (bf), 972 (bf), 1057 (bm), 1093 (m), 1175 (m), 1248 (bm), 1308 (tf), 1345 (f), 1380 (bm), 1434 (F), 1460 (bm), 1636 (TF), 1670 (bTF).

L'abaissement de fréquence de la raie éthylénique (1636) et celui de la raie du carbonyle (1670) prouvent la conjugaison des doubles liaisons. D'autre part cette cétone a déjà été décrite par Wallach (1) qui en donne le point d'ébullition : 195-200° et le point de fusion 175° de sa semicarbazone. J'ai effectivement obtenu une semicarbazone fondant à 174-175°.

En opérant de la même manière avec le méthyl-2-butène-2, j'ai obtenu avec un rendement de 12 pour 100 l'*acétate du méthyl-2-butène-2-ol-1*. Les constantes de ce corps sont : $Eb_{760} = 148\text{-}150°$; $D_4^{23} = 0,911$; $n_D^{23} = 1,4273$. RM = 36,14; Th = 35,73. Son spectre Raman est le suivant :

375 (bf), 434 (bf), 507 (bf), 578 (f), 638 (m), 786 (m), 822 (f), 855 (m), 911 (bm), 956 (f), 1040 (bF), 1106 (f), 1227 (bF), 1331 (f), 1362 (m), 1386 (F), 1450 (bF), 1677 (TF), 1739 (bm).

Méthyl-2-butène-2-ol-1. — Préparé par saponification à la baryte du corps précédent, ses constantes sont : $Eb_{760} = 136\text{-}138°$; $D_4^{21} = 0,863$; $n_D^{24} = 1,441$. RM = 26,38; Th = 26,348. Spectre Raman :

336 (bm), 397 (F), 440 (m), 486 (F), 595 (m), 776 (TF), 832 (f), 955 (tf), 1007 (bm), 1041 (bm), 1100 (f), 1221 (F), 1320 (f), 1349 (f), 1385 (TF), 1453 (bTF), 1678 (TF).

La constitution de cet alcool a été prouvée par son hydrogénation au platine d'Adams. Elle a fourni en effet du méthyl-2-butanol-1 : $Eb_{760} = 127\text{-}128°$; $D_4^{21} = 0,8227$; $n_D^{21} = 1,412$. L'identité de ce dernier alcool a été confirmée par son spectre Raman :

394 (bm), 445 (bm), 517 (tf), 769 (bF), 804 (m), 829 (m), 885 (f),

(1) WALLACH, MENDELSOHN-BARTHOLDY, *Liebigs An.*, 49, 1908, p. 360.

905 (m), 939 (f), 979 (m), 1015 (bm), 1050 (bm), 1129 (m). 1138 (m), 1168 (m), 1231 (bm), 1271 (bm), 1286 (m), 1354 (bm), 1457 (bTF), qui est en bon accord avec celui publié pour le même corps par Kohlrausch et Köppl (¹).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés bromés des oléfines de* C^8 *à* C^{11}. Note de M. **Marcel Tuot**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

La présente Note a pour objet l'étude de l'halogénation de quelques oléfines et l'application de ce procédé à la séparation des hydrocarbures dans des mélanges analogues à ceux rencontrés dans les fractions neutres de goudron primaire de houille (²).

La préparation des dérivés monohalogénés a été étudiée au moyen des trois hydracides : HCl, HBr, HI. Seul HBr nous a conduit à des résultats intéressants; HCl ne se fixe pas sur nos oléfines même à 20°; HI ne se fixe pas assez rapidement pour éviter la dissociation qui donne des produits polyhalogénés. Par contre, l'obtention des dérivés monobromés s'effectue aisément en opérant de la manière suivante : l'oléfine est placée dans un ballon à trois tubulures refroidi à 0° et muni d'un agitateur, d'un réfrigérant ascendant et d'un tube plongeant amenant HBr sec; celui-ci est préparé au moyen de l'action du brome sur le toluène sec; un laveur à acide acétique joue le rôle de compte-bulles, enfin un dispositif spécial permet de contrôler la fin de l'opération.

Le dérivé bromé obtenu, lequel est saturé d'H Br, est additionné d'eau glacée et d'éther; après décantation, on le lave avec une solution glacée de CO^3K^2, sèche sur $CaCl^2$, et distille sous pression réduite. Les bromures obtenus après trois tours de distillation sont purs et se conservent très bien. Leur composition a été vérifiée par dosage du brome et leur constitution par comparaison des propriétés physiques avec les dérivés obtenus à partir des alcools correspondants.

Cette méthode de préparation, intéressante parce qu'elle permet l'étude des hydrocarbures, a l'avantage d'être effectuée sur une matière première

(¹) Kohlrausch et Köppl, *Monatsh. f. Ch.*, **63**, Vol. 3-5, 1933, p. 255-270.

(²) Meyer et Tuot, *XIe Congrès de Chimie industrielle*, **27**, n° 3 *bis*, 1931, p. 299-305; Meyer et Tuot, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1231; Tuot, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1434.

présentant une différence de température d'ébullition de 40 à 50° avec le dérivé bromé, alors que l'alcool bout quelques degrés seulement au-dessous du corps foncé.

Nous avons préparé ainsi les dérivés suivants :

1° *Bromo-2-méthyl-3-heptane*, $C^8H^{17}Br$:

$E_{12mm} = 69°$; $d_{20} = 1,1235$; $n_D^{20} = 1,4575$; R.M. obs. = 46,84; $\gamma_{20} = 27,96$; (P) obs. = 395,30.

2° *Bromo-4-diméthyl-2.4-hexane*, $C^8H^{17}Br$:

$E_{14mm} = 67°$; $d_{20} = 1,1179$; $n_D^{20} = 1,4554$; R.M. obs. = 46,88; $\gamma_{20} = 27,54$; (P) obs. = 395,80.

3° *Bromo-2-diméthyl-2.5-hexane*, $C^8H^{17}Br$:

$E_{15mm} = 64°$; $d_{20} = 1,1044$; $n_D^{20} = 1,4498$; R.M. obs. = 46,94; $\gamma_{20} = 26,29$; (P) obs. = 396,00.

4° *Bromo-4-diméthyl-2.4-heptane*, $C^9H^{19}Br$:

$E_{15mm} = 80°$; $d_{20} = 1,0886$; $n_D^{20} = 1,4558$; R.M. obs. = 51,62; $\gamma_{20} = 27,27$; (P) obs. = 434,90.

5° *Bromo-5-diméthyl-2.5-heptane*, $C^9H^{19}Br$:

$E_{16mm} = 83°$; $d_{20} = 1,0909$; $n_D^{20} = 1,4553$; R.M. obs. = 51,51; $\gamma_{20} = 27,35$; (P) obs. = 434,30.

6° *Bromo-2-triméthyl-2.3.5-hexane*, $C^9H^{19}Br$:

$E_{15mm} = 79°$; $d_{20} = 1,1000$; $n_D^{20} = 1,4594$; R.M. obs. = 51,49; $\gamma_{20} = 28,48$; (P) obs. = 435,10.

7° *Bromo-4-diméthyl-2.4-octane*, $C^{10}H^{21}Br$:

$E_{13mm} = 93°$; $d_{20} = 1,0759$; $n_D^{20} = 1,4582$; R.M. obs. = 56,20; $\gamma_{20} = 28,32$; (P) obs. = 474,20.

8° *Bromo-4-triméthyl-2.4.6-heptane*, $C^{10}H^{21}Br$:

$E_{13mm} = 83°$; $d_{20} = 1,0716$; $n_D^{20} = 1,4568$; R.M. obs. = 56,10; $\gamma_{20} = 27,80$; (P) obs. = 473,90.

9° *Bromo-4-triméthyl-2.4.7-octane*, $C^{11}H^{23}Br$:

$E_{11mm} = 98°$; $d_{20} = 1,0524$; $n_D^{20} = 1,4573$; R.M. obs. = 60,85; $\gamma_{20} = 27,68$; (P) obs. = 512,80.

Nous avons d'autre part étudié la préparation de dérivés dihalogénés et obtenu des dérivés dibromés par l'action du mélange bromure-bromate de potassium sur une suspension sulfurique très diluée de l'hydrocarbure; malheureusement les produits préparés ne sont pas distillables; ils présentent néanmoins un degré de pureté suffisant pour être utilisables dans des réactions de séparation.

Les dérivés monobromés s'hydrolysant assez facilement (la vitesse d'hydrolyse en relation avec la constitution a été déterminée) nous avons pensé ainsi arriver à une séparation des oléfines d'avec les autres hydrocarbures rencontrés dans les huiles de goudron primaire, à savoir : carbures saturés et toluène ou xylènes (dans la fraction de distillation qui nous intéresse). A cet effet, nous avons préparé de nombreux mélanges synthétiques comprenant un carbure appartenant à chacune des séries et de points d'ébullition voisins et les avons soumis à l'action de H Br dans les conditions indiquées plus haut; l'hydrolyse du mélange obtenu fournit l'alcool correspondant au dérivé bromé, lequel possède un point d'ébullition supérieur de 40 à 50° à celui du mélange étudié de sorte que la distillation permet une séparation (celle-ci peut être encore envisagée à l'aide du sodium). Les hydrocarbures aromatiques n'ayant subi aucune action de la part du réactif précédent sont alors séparés, par nitration dans des conditions convenables, des carbures saturés. L'alcool, le dérivé nitré et l'hydrocarbure saturé sont identifiés par leurs propriétés physico-chimiques respectives.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension et la position stratigraphique des bancs à Stromatoporoïdés dans l'Ouest du Jura méridional, aux environs de Villereversure (Ain).* Note de M. **Henri Vincienne**, transmise par M. Louis de Launay.

I. A l'Est de Villereversure, dans les carrières du bord ouest de la Montagne de Corent (Carte au 1/80000e : Nantua NW), M. Dérognat avait récolté des organismes noduleux, associés en colonies, reconnus par Mlle J. Pfender (1) comme des hydrozoaires stromatoporoïdes, sans astrorhizes, appartenant à l'espèce *Burgundia trinorchii*, découverte par Munier-Chalmas dans le Portlandien de Vers, près de Tournus, et décrite par

(1) J. Pfender, *B. S. G. Fr.*, 5e série, t. 1, 1931, p. 739-742, pl. XLI-XLII.

Y. Dehorne [1]. Il constata ensuite la présence de *Burgundia trinorchii* en des points voisins [2] : à *Villette* (commune de Romanèche), à *Rochefort* (commune de Villereversure), à *Ramasse*, près du viaduc, dans la cluse de l'Ain *entre Poncin et Neuville*, lieudit Sous Roche, enfin à l'*Ouest d'Hautecour*, dans les éléments d'une brèche à ciment rouge, considérée comme oligocène. Mais tous ces gisements jurassiens, sauf le dernier, de remaniement, avaient été rapportés au Portlandien, d'après les contours de la Carte géologique au 1/80000e.

II. J'ai découvert, depuis lors, de nouveaux gisements de *Burgundia* et ai pu préciser la position stratigraphique des bancs qui renferment ces Stromatoporoïdés, dans l'Ouest du Jura méridional. Ces nouveaux gisements, situés, la plupart, sur la feuille de Saint-Claude SW, le dernier, sur celle de Nantua NW, sont :

1° à 2^{km} au Nord de l'église de *Simandre*, dans une carrière le long de la route de Simandre à Chavannes; 2° à 750^m à l'Est de *Dhuys* (commune de Chavannes), dans une carrière en bordure de la grand'route; 3° *entre Dhuys et Montmerle*, dans une carrière sur le bord nord de la route, à 200^m à l'Est de la bifurcation de la route de Treffort; 4° dans la cluse de l'*Abbaye de Sélignac*, sur le côté sud de la grand'route, juste au Nord de Petit-Corent (commune de Simandre); 5° à l'extrémité est de la cluse de l'Ain *entre Neuville et Poncin*, le long de la route et à 500^m, vers l'Ouest, de la naissance de la route de Serrières.

L'extension actuellement reconnue des gisements de *Burgundia* est donc de 18^{km} du Nord au Sud et de 5 ou 6^{km} au maximum de l'Est à l'Ouest; il est possible que de nouvelles explorations permettent d'étendre encore cette aire de répartition.

En outre, sur le flanc est du Revermont, à 300^m en ligne droite à l'Ouest de *Montmerle*, le long du chemin de montagne, j'ai observé des bancs à Stromatopores, dans les mêmes conditions que les bancs à *Burgundia*.

III. Abstraction faite du gisement n° 2, dont la situation stratigraphique ne peut être précisée et dont les faciès peuvent rappeler le Kiméridgien, la position stratigraphique des bancs à *Burgundia* et à Stromatopores m'a paru remarquablement constante dans la région, à la partie supérieure du Lusitanien (Astartien). Partout où la succession des couches peut être suivie sans accident, les bancs à *Burgundia* sont nettement au-dessus des

---

(1) Y. Dehorne, *Comptes rendus*, 142, 1916, p. 430; *Mém. Carte Géol. Fr.*, 1920, p. 69 et 107.

(2) Dérognat, *A. F. A. S.*, 57e sess., Chambéry, 1933, p. 238-239.

oolithes blanches, un peu crayeuses, qui forment transition entre les calcaires sublithographiques du Rauracien et les calcaires compacts du Séquanien *s. str.*; ils se situent au contraire à une faible distance verticale sous les niveaux marneux et dolomitiques à Ptérocères qui, dans le Jura occidental, marquent le début du Kiméridgien (Ptérocérien) (¹); ces niveaux, à la faveur desquels s'est formée la combe centrale de la montagne de Corent, au Sud-Ouest de Grand-Corent, m'ont fourni des fossiles, souvent mal conservés, notamment : au-dessus des gisements Est de Villereversure : *Pterocera* sp., moules de bivalves, *Lucina* sp., *Isocardia* sp., *Ostrea* sp., *Trichites* sp., *Zeilleria humeralis* Roem., *Terebratula subsella* Leym.; au-dessus du gisement nº 3 : *Pterocera oceani* Brong., *Pt. Thirriæ* Contej., *Nerinae Desvoydii* d'Orb., *Pleurotomaria* cf. *Hesione* d'Orb., *Ceromya excentrica* (Voltz) Ag., *Ceromya* sp., *Ostrea* sp., *Trichites* sp., *Zeilleria humeralis* Roem., *Terebratula subsella* Leym.

Quant à la faune accompagnant *Burgundia* et les Stromatopores, dans les gros bancs astartiens qui font l'objet d'une importante exploitation, elle consiste en grandes Nérinées et bivalves indégageables, débris de *Trichites*, piquants d'Oursins, Polypiers et nombreux petits Spongiaires.

III. *Burgundia trinorchii* (M.-Ch.) Y. Dehorne et les Stromatopores associés peuvent donc fournir, dans l'Ouest du Jura méridional, un niveau repère commode, non pas dans le Portlandien, mais dans le Lusitanien supérieur; ce niveau est très utile au milieu de l'épaisse série compacte qui va du Rauracien au Portlandien, où les fossiles sont rares, souvent indégageables, mal conservés et où, par surcroît, les accidents transversaux troublent fréquemment les successions stratigraphiques. Cette localisation est à rapprocher de la présence des Stromatopores dans l'Astartien des chaînes de l'Est du Jura : MM. Falconnier et Raven (²), dans leurs coupes du Jurassique supérieur, ne mentionnent les Stromatopores qu'à la partie supérieure du Séquanien. De même Y. Dehorne avait signalé *Burgundia trinorchii* dans les calcaires séquaniens du Risoux. Il serait intéressant de reprendre l'étude du gisement de Vers pour voir si lui-même ne pourrait pas être reporté dans le Lusitanien.

(¹) E. Bourgeat, *Recherches sur les formations coralligènes du Jura méridional* (*Thèse*, 1887, p. 91).

(²) A. Falconnier, *Mat. Carte géol. Suisse*, n. s., **27**, 1931, p. 6; Th. Raven, *Trav. Lab. géol. Lyon*, XX, **17**, 1932, p. 28.

Les conditions des mers du Lusitanien supérieur devaient être très favorables au développement des Stromatopores et des *Burgundia*, dans la partie méridionale du Jura.

HYDROLOGIE. — *Sur le coefficient de partage du radon entre les gaz spontanés et l'eau des sources.* Note de M. **Marcel Geslin**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Le coefficient de partage du radon entre des volumes quelconques d'air et d'eau pure, à l'équilibre de solubilité et à une température déterminée θ, est donné par le rapport

$$\sigma_\theta = \frac{\text{Radon dissous à } \theta \text{ dans l'unité de volume d'eau}}{\text{Radon libre à } \theta \text{ dans l'unité de volume d'air}},$$

c'est-à-dire par le rapport des radioactivités spécifiques de l'eau et de l'air, à la température θ.

Par suite, s'il y a équilibre entre le radon dissous dans l'eau d'une source peu minéralisée et celui des gaz spontanés à la température θ de l'eau au griffon, le rapport trouvé τ_θ devra être égal à σ_θ. L'indice de partage du radon ($\mathcal{I}$) sera donné par le rapport

$$\mathcal{I} = \frac{\tau_\theta}{\sigma_\theta} = \frac{\text{coefficient de partage à la source}}{\left\{\begin{array}{c}\text{coefficient de partage à l'équilibre de solubilité dans une eau} \\ \text{de minéralisation identique et à la même température } \theta \text{ (1)}\end{array}\right\}}.$$

A l'équilibre de solubilité, $\mathcal{I}$ sera très voisin de I; c'est ce que M. A. Lepape a observé dans la majorité des cas pour les sources faiblement minéralisées et en dehors des sources très riches en anhydride carbonique ([2]). Cependant, sur une même aire d'émergence, les sources chaudes donnent souvent un nombre $\mathcal{I} < 1$ (τ_θ paraît correspondre à une température d'équilibre de solubilité Θ plus élevée que celle observée au griffon) et les sources froides un nombre $\mathcal{I} > 1$.

Dans le cas des sources chaudes, nous pensons que la libération, par une eau plus chaude, du radon dissous dans une eau plus froide qui s'y

---

([1]) La minéralisation des eaux naturelles étant souvent inférieure à 10^g par litre, on peut, en première approximation, remplacer σ_θ (eau minérale) par σ_θ (eau pure).

([2]) Recherches inédites.

mélange [1] est proportionnellement d'autant plus grande que la température est plus élevée. Par rapport à l'état d'équilibre de solubilité, la radioactivité de l'eau du mélange devient plus petite, celle du gaz plus grande : $\tau_0 < \sigma_0$. Dans le cas des sources froides, l'eau froide prédominant sur l'eau tiède ou chaude, les gaz dissous libérés sont en quantité inférieure à celle qui correspondrait à la température d'équilibre du mélange : $\tau_0 > \sigma_0$. Voici deux exemples montrant l'écart entre τ et σ.

Pour la commodité des calculs, nous avons pris :

$$\tau = \frac{r}{R(0^\circ/760)} = \frac{\text{radioactivité spécifique de l'eau}}{\left\{\begin{array}{c}\text{radioactivité spécifique des gaz, supposés secs}\\ \text{et ramenés à } 0^\circ\text{ C. sous } 760^{\text{mm}} \text{ de mercure}\end{array}\right\}},$$

que nous comparons à

$$\sigma = \sigma_\theta \frac{760 - F}{760} \times \frac{273}{273 + \theta}$$

[σ_θ étant le coefficient de partage du radon entre l'air et l'eau à la température θ [2], température de l'eau au griffon; F, la tension de la vapeur d'eau à θ].

Sources	Groupe.	θ.	τ.	σ [3].	Θ [3].	$\jmath = \frac{\tau}{\sigma}$.
		Bagnères-de-Luchon [4].				
Étuves	N	57°,8	0,050	0,088	77°	0,57
Pré n° 1	S	60,6	0,063	0,083	71	0,76
Saule n° 2	S	53,5	0,076	0,097	64	0,78
Richard nouvelle	N	53,1	0,083	0,098	61	0,85
Ferras enceinte	N	53,9	0,100	0,096	52	1
Bosquet n° 2	S	49,2	0,103	0,106	51	1
Bordeu n° 2	S	47,2	0,108	0,110	48	1
Bordeu n° 1	S	43,9	0,126	0,118	42	1,07
Lepape	S	29,4	0,193	0,175	26	1,10
		Royat [5].				
César		27,5	0,164	0,185	32	0,89
Eugénie		33,5	0,212	0,156	23	1,36
Saint-Mart		29,8	0,325	0,178	11	1,83
Saint-Victor		21,3	0,409	0,222	5	1,84

[1] Cas des sources de Bagnères-de-Luchon, ainsi que l'a établi très nettement M. Lepape (*Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1292).

[2] St. MEYER, *S. B. Akad. Wien*, 2*a*, 122, 22e série, 1913, p. 1281.

[3] Dans ce tableau σ correspond à θ et Θ correspond à τ.

[4] A. LEPAPE, *Presse Thermale*, n° 3178, 1930, p. 497.

[5] A. LEPAPE et M. GESLIN, recherches inédites, 1931.

Avec les sources fortement minéralisées, il deviendra nécessaire de déterminer le coefficient σ_0 de partage du radon entre l'air et l'eau minérale privée du radon dissous, existant à l'émergence, tout en tenant compte du radon susceptible d'être produit par le radium en suspension ou en dissolution dans l'eau, et de la tension de vapeur de cette eau minérale aux différentes températures. D'après les nombres publiés par Kofler (¹), on peut, pour les solutions de *chlorure de sodiun*, admettre en première approximation la relation suivante (vérifiée entre 0° et 50°) :

$$\sigma_\theta = (15,75\, D_{18°}^2 - 38,4\, D_{18°} + 23,5 + 0,0018\theta)\sigma_\theta$$

(D étant la densité de la solution à 18°C.; σ_θ le coefficient de partage avec l'eau pure, à la température θ). Nous avons calculé les coefficients du trinôme du second degré en prenant les chiffres correspondants à $D_{18°} = 1,009$; 1,103 et 1,215. Les chiffres expérimentaux donnés pour $D_{18°} = 1,071$ et 1,144 sont assez bien vérifiés par la relation ci-dessus.

Nous pensons que la mesure du coefficient de partage du radon entre les gaz spontanés et l'eau des sources, associée à celle des autres données classiques (température, résistivité, oxygène dissous, etc.), sera susceptible de donner des renseignements utiles sur : *a*, la constitution du mélange des eaux minérales; *b*, l'influence de la variation du plan d'eau de la source (variation naturelle ou pompage); *c*, la durée de l'établissement du régime de mélange entre l'eau froide radioactive et l'eau chaude non radioactive.

SÉROLOGIE. — *La vitamine* C *et l'alexine*. Note de Mlles **Edna Harde** et **Annis E. Thomson**, présentée par M. Félix Mesnil.

Deux corps thermolabiles se trouvent dans le sang : l'alexine et la vitamine C. Nous nous sommes demandé si l'acide ascorbique entrait dans la constitution de l'alexine; certains faits semblent cadrer avec cette hypothèse.

L'acide ascorbique, à l'état libre, n'existe pas dans le sang puisqu'on n'obtient aucune réduction du nitrate d'argent. Pour le mettre en évidence dans le sérum, il faut employer la méthode de Tilmans, qui indique que la vitamine C se trouve en combinaison protéique ou lipoprotéique. Cette vitamine semble donc, de même que l'alexine, être de nature colloïdale. Ce

(¹) *S. B. Akad. Wien*, 2*a*, **122**, 1913, p. 1473 et 2*a*, **121**, 1912, p. 2169 pour l'eau.

fait établi, les expériences de filtration de l'alexine, dont les résultats dépendent beaucoup de la nature colloïdale, ne sont pas en contradiction avec notre hypothèse.

Étudiant les variations de l'alexine, Paul et Popper (¹) (1934) ont constaté une baisse de l'alexine au cours du choc histaminique. Récemment, en collaboration avec Benjamin (²), nous avons noté la baisse de la vitamine C dans des expériences semblables. En 1914, Park et Williams (³) ont observé une grande variation du titre du sérum en alexine. Ils ont remarqué que les cobayes ayant servi pour le titrage des toxine et antitoxine n'avaient pas toujours un taux normal en alexine, même 3 mois après le titrage.

Dans notre travail avec M. Philippe (⁴), puis avec M. Benjamin à New-York, nous avons constaté que les injections de toxine diphtérique abaissent le taux de la vitamine C chez le cobaye. Le taux de l'acide ascorbique des surrénales des cobayes normaux (moyenne sur trois animaux) était de $0^{mg},49$ par gramme, tandis que nous n'avons trouvé qu'une moyenne de $0^{mg},11$ par gramme (10 animaux) dans les glandes des animaux examinés quelques heures après la mort par intoxication diphtérique. De plus, immergées dans une solution de nitrate d'argent à 0,4 pour 100, les surrénales des animaux injectés (20) restaient blanches, tandis que celles des animaux normaux noircissaient. Nous avons aussi constaté le fait suivant : certains cobayes qui avaient résisté aux injections de la toxine, en présentant toutefois des symptômes, paraissaient rétablis un mois plus tard. Nous les avons examinés à ce moment et constaté une forte baisse de la vitamine C. Cette observation se superpose à celle de Park et Williams sur l'alexine.

Nous avons aussi étudié comparativement l'alexine et la vitamine C chez deux cobayes : l'un injecté avec une dose mortelle, sacrifié le 3ᵉ jour et l'autre avec deux doses mortelles, tué à la 40ᵉ heure. On a déterminé le taux de l'alexine dans ces sérums de cobaye, en utilisant des globules rouges de mouton et une sensibilisatrice de sérum de lapin. Le sérum des deux témoins était actif aux dilutions de 1 : 14 et 1 : 18 ; le sérum du cobaye auquel on a injecté une dose mortelle était actif seulement à une dilution de 1 : 10, et

(¹) *Zeitschrift f. Immun.*, 82, 1934, p. 25.
(²) E. Harde et H. R. Benjamin, *Proc. of Soc. of Exper. Med. and Biol.*, 32, 1935, p. 651.
(³) *Path. Organisms*, 1 vol., 1914, p. 190.
(⁴) E. Harde, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 618; E. Harde et M. Philippe, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 738.

celui qui avait reçu deux doses mortelles seulement de 1 : 6. Le même jour le titrage d'alexine des sérums mélangés de 10 cobayes était de 1 : 23. La réaction a été répétée avec les hématies de deux autres moutons avec des résultats semblables.

Manquant de sérum pour faire le dosage de l'acide ascorbique, nous avons examiné les surrénales et constaté une baisse de la vitamine C dans les cas où il y avait baisse d'alexine.

D'autre part nous avons essayé d'augmenter l'alexine par des injections de vitamine C. Un lapin a reçu 150^{mg} de Redoxon (acide ascorbique synthétique) dissous dans l'eau physiologique neutralisée à 7,4 par l'addition de NaOH, le volume total était de 5^{cm^3}. Après une minute d'ébullition, le mélange, refroidi, était injecté dans la veine de l'oreille. Le lapin a été saigné avant l'injection et une heure après celle-ci. L'alexine des deux sérums a été titrée vis-à-vis des hématies de mouton avec une sensibilisatrice de lapin. Le sérum prélevé après l'injection accusait une augmentation de l'alexine. L'hémolyse était complète en 4 minutes avec des doses de $0^{cm^3},01$ à $0^{cm^3},04$, tandis qu'avec le sérum pris avant l'injection on n'observait qu'une hémolyse insignifiante avec la dose de $0^{cm^3},04$ et seulement après 20 minutes.

L'activité du sérum était bien due à l'alexine puisqu'un traitement préalable par des globules de mouton ne changeait pas le titre; en chauffant à 56°C pendant 30 minutes, l'activité a été détruite.

Une seconde expérience nous a donné des résultats analogues mais moins marqués. Notons encore une fois que les expériences récentes sur la vitamine C donnent des résultats parallèles aux nôtres sur l'alexine. En effet, Bezssonoff et ses collaborateurs (1) viennent de signaler que l'administration massive d'une dose de vitamine C à un lapin augmente la teneur de cette vitamine dans le sang pendant un certain temps.

Bien que les faits cités n'apportent pas une preuve absolue que l'alexine est un composé d'acide ascorbique et de protéines et peut-être aussi de lipoïdes, rien dans nos expériences ne semble être en contradiction avec cette hypothèse, et nous continuons nos recherches.

---

(1) P. Rohmer, G. Bezssonoff, E. Stoerr et J. Perier, *Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, 118, 1935, p. 1090.

PHARMACODYNAMIE. — *Influence de l'anion combiné à la base cocaïne sur l'activité anesthésique de cet alcaloïde.* Note [1] de MM. **Jean Régnier** et **Robert David**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

En étudiant [2] la question de la destruction du chlorhydrate de cocaïne par la stérilisation à la chaleur et le vieillissement, nous avions été amenés [3] à chercher à stabiliser les solutions de chlorhydrate de cocaïne au pH favorable 4 par des mélanges de sels tampons. C'est ainsi que nous fûmes conduits à observer le fait primordial suivant : les solutions tamponnées avec les phosphates de sodium présentaient, après chauffage, un pouvoir anesthésique faible, alors que les solutions préparées avec l'acétate de sodium présentaient, après chauffage, un pouvoir anesthésique fort, et pourtant le pH était le même dans l'un et l'autre cas. Nous fûmes donc obligés de conclure que l'acide du sel tampon jouait un rôle important, soit sur le pouvoir anesthésique, soit sur le maintien de l'activité anesthésique après chauffage, soit sur les deux à la fois. Ce sont les résultats de l'étude du premier terme de ces possibilités que nous présentons.

Pour étudier l'influence qu'exerce, sur le pouvoir anesthésique, l'acide combiné à la base cocaïne, nous avons préparé, avec divers acides, toute une série de solutions de sels de cocaïne contenant, pour 100^{cm^3}, la même quantité ($0^g,892$) de base cocaïne que 1^g de chlorhydrate de cocaïne et, après dissolution totale, en utilisant l'acide correspondant au sel, nous avons réglé la réaction de telle sorte que le pH atteint fût égal à 4.

Nous avons essayé ces solutions, récemment préparées, sur la cornée du lapin, par la technique décrite par l'un de nous [4]. Nous avons ainsi constaté les faits présentés dans le Tableau ci-après :

On constate donc que la même quantité de base cocaïne présente, en solution récemment préparée, une activité toute différente suivant l'acide qui la salifie, différence d'activité qui est indépendante du pH. C'est ainsi

---

(1) Séance du 8 avril 1935.

(2) J. Régnier, A. Liot, R. David, *Bull. Sc. Pharm.*, 40, 1933, p. 271; J. Régnier, R. David, *Bull. Sc. Pharm.*, 40, 1933, p. 650.

(3) J. Régnier, R. David, *Bull. Sc. Pharm.*, 41, 1934, p. 321.

(4) J. Régnier, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 558, et *Bull. Sc. Pharm.*, 30, 1923, p. 580, 646.

que la même quantité de base cocaïne, à pH = 4 qui, salifiée par HCl, a une valeur de 1, n'a plus qu'une valeur de 0,2 lorsqu'elle est salifiée par l'acide citrique, mais atteint la valeur 12 lorsqu'elle est salifiée par l'acide phénylacétique, ce qui représente, si l'on considère ces deux extrêmes, une multiplication par 60 de la force anesthésique.

Valeurs anesthésiques de divers sels de cocaïne
en solution présentant la même concentration en base et le même pH.
(Le pouvoir anesthésique de la solution de chlorhydrate de cocaïne, à 1 pour 100, de pH = 4, est pris comme unité.)

Citrate.	Lactate.	Tartrate.	Sulfate.	Phosphate.	Chlorhydrate.	Iodhydrate.
0,2	0,4	0,6	0,8	1	1	1,2

Sulfocyanate.	Formiate.	Acétate.	Salicylate.	Benzoate.	Phénylacétate.
1,5	2,5	2,9	4	5	12

Si nous considérons, d'autre part, l'ordre dans lequel se rangent les huit premiers sels étudiés, on constate que l'activité de ces sels s'ordonne, en allant du plus actif (sulfocyanate) au moins actif (citrate), selon une série analogue à celle qui a été trouvée, par Hofmeister, pour le gonflement d'une gélatine ou bien, mais toutefois dans l'ordre inverse, pour la floculation d'une albumine.

De tout ceci il résulte que :

1° l'acide salifiant la cocaïne joue un rôle extrêmement important pour le développement de la force anesthésique de cette base;

2° la force de l'acide n'est pas seule en cause, comme le voudrait la théorie présentée par Overton, Ruhland, Tröndle et surtout dans le cas qui nous occupe, par O. Gros ([1]), car les activités des sels ne s'ordonnent pas selon le degré d'hydrolyse de ces sels. La base anesthésique mise en liberté par hydrolyse n'est donc pas la seule partie active;

3° les lipoïdes cellulaires ne sont pas seuls en cause, comme le voudrait la théorie de Meyer et Overton; car les sels s'ordonnent selon une série qui a été trouvée essentiellement, par Hofmeister, sur des substances albuminoïdes.

Enfin, si l'on tient compte des faits précédemment exposés, et de la constatation que le citrate de cocaïne n'agit presque pas, dans les conditions de nos essais, pour la raison qu'il n'est presque pas absorbé par la cornée,

---

([1]) *Arch. f. exp. Path. u. Pharm*, 62, 1910, p. 380; 63, 1910, p. 80; 67, 1912, p. 126.

alors que les sels à fort pouvoir anesthésique sont très rapidement absorbés, il semble que nous soyons en droit de dire que l'acide, support de la base anesthésique, exerce son influence dans la période de pénétration dans la cellule ou de fixation sur la cellule.

Il est ainsi possible de conclure, si l'on ne sépare pas pénétration et action, que le sel d'alcaloïde agit dans son entier, conformément aux vues présentées déjà par l'un de nous (*Thèse* citée). Il importe donc, en pratique, de présenter l'alcaloïde à la cellule sous la forme saline qui lui convient le mieux.

PHARMACODYNAMIE. — *Propriétés biologiques du carvacrol* (1). Note de M. **Daniel Gardner** et Mlle **Maria-Luciana Caselli**, présentée par M. Charles Richet.

En raison de la faible solubilité du carvacrol dans l'eau, nous avons opéré d'abord avec des solutions dans l'huile d'œillette stérile et neutre.

Après avoir constaté le pouvoir empêchant en bouillant peptoné du carvacrol à l'égard du *Staphylococcus aureus*, nous avons procédé sur ce bacille à des essais comparatifs du pouvoir bactéricide du carvacrol, du thymol et du menthol.

La technique a été la suivante :

A 5^{cm^3} d'une solution à $1/10^e$ dans l'huile d'œillette neutre et stérile, fraîche de 24 heures, nous ajoutions $0^{cm^3},5$ d'émulsion du *Staphylococcus aureus* récemment isolé de produits pathologiques sur gélose ordinaire de 24 heures à 37° (la densité de cette émulsion est de six milliards de bactéries par 1^{cm^3} environ).

L'émulsion et la solution étaient laissées en contact pendant des temps variant de une minute à 3 heures, puis un prélèvement était ensemencé dans 20^{cm^3} de bouillon peptoné étuvé à 37° pendant 48 heures. La stérilité, contrôlée sur agar incliné avec étuvage à 37° continué pendant 24 heures, a été obtenue dans les temps suivants :

Carvacrol....................................	6 minutes
Thymol....................................	30 à 60 minutes
Menthol....................................	9 à 10 heures

Le pouvoir bactéricide du carvacrolate de triéthanolamine et celui du carvacrolate de sodium ont été étudiés suivant la même technique. Le pre-

(1) Voir *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1114.

mier s'est montré nettement inférieur; quant au carvacrolate de sodium, il possède, en solution huileuse, un pouvoir bactéricide comparable à celui du thymol; mais en solution aqueuse, il est beaucoup plus actif, et la stérilisation se fait dans un temps inférieur à une demi-minute. Son pouvoir empêchant est de 4/10e de centimètre cube d'une solution aqueuse à 1/10e pour 10$^{cm^3}$ de bouillon peptoné.

En raison de l'aptitude particulière du carvacrol à dissoudre les cires, nous avons ensuite procédé à des essais analogues sur un genre de bactéries dont l'enveloppe ciro-graisseuse oppose une résistance particulière à l'action des antiseptiques, le bacille paratuberculeux de Kedrewski récemment isolé d'un cas de lèpre et provenant de l'Institut Lister.

Les essais n'ont pas été faits avec des solutions huileuses de carvacrolate de sodium en raison de l'émulsion qui se produit, mais avec des solutions aqueuses à diverses concentrations. On a obtenu les résultats suivants pour 10$^{cm^3}$ de milieu Sauton :

Concentration de la solution.	Pouvoir empêchant.	Pouvoir bactéricide.
1/1000	2/10 de cm^3	30 minutes
1/110	1/10 »	15 »
1/10	1/10 »	1 »

Des essais analogues ont également été faits sur le *Bacillus coli* dans un milieu d'eau peptonée avec des solutions aqueuses de carvacrol et de carvacrolate de sodium. Les résultats ont été les suivants :

	Pouvoir empêchant.	Pouvoir bactéricide.
Carvacrol à 1/100	4/10 de cm^3	5 minutes
Carvacrolate de sodium à 1/10	2/10 »	1 »

Le pouvoir toxique du carvacrol a été expérimenté par injections sous-cutanées sur des cobayes de 400^g et par injections intrapéritonéales sur des cobayes de 250^g.

Les résultats ont été les suivants :

Injections sous-cutanées.: 4 injections de 1$^{cm^3}$ d'une solution à 1/100 dans l'huile, faites à 5 jours d'intervalle, de même que 2 injections de 1$^{cm^3}$ d'une solution à 1/10 faites à 10 jours d'intervalle, sont parfaitement supportées. Les mêmes traitements avec du carvacrol en solution à 1/100 dans l'alcool déterminent des troubles violents.

Injections intrapéritonéales : alors que les animaux supportent jusqu'à 5$^{cm^3}$ de thymol en solutions à 1/10 dans l'huile, la même dose de carvacrol entraîne la mort en quelques jours avec amaigrissement. L'autopsie

montre qu'il s'est produit une réaction péritonéale intense et des adhérences multiples.

Après injection de 1^{cm^3} de carvacrol à 1/10 sur un certain nombre de sujets, quelques-uns sont morts, mais leur autopsie n'a révélé aucune lésion.

Quant au carvacrolate de sodium en solution aqueuse à 1/10, la dose de 1^{cm^3} détermine la mort en quelques jours. L'autopsie révèle la présence de liquide séro-sanguinolent dans le péritoine, les anses intestinales hémorragiques et les globules rouges lysés. A la dose de $0^{cm^3},1$ les injections ne provoquent aucun trouble.

Nous poursuivons nos expériences sur d'autres bacilles, en particulier sur ceux à coque cireuse.

EMBRYOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'unité du développement et la naissance de l'individualité dans l'*épigenèse physiologique *des Amphibiens.* Note de M. **Paul Wintrebert**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'unité du développement est faite de l'enchaînement rigoureux des fonctions transitoires qui déterminent les formes ([1]). L'épigenèse physiologique commande l'épigenèse morphologique; mais, à son tour, chaque forme réalisée introduit dans l'ontogenèse des facteurs nouveaux de voisinage et de milieu, susceptibles de modifier la fonction en cours. La formule *la fonction fait l'organe* est donc vraie. Elle a été, pourtant, jugée désuète et périmée, du jour où les embryologistes se sont aperçus que les organes sont morphologiquement établis, avant qu'ils ne fonctionnent; mais ils n'ont pas compris que la fonction assumée par un organe n'est pas celle qui l'édifie, et que celle-ci, l'induction organisatrice et constructive, n'est elle-même que l'aboutissement d'une série de fonctions antérieures.

La fonction fait mieux que l'organe; elle édifie tout l'organisme. Elle le construit, non seulement parce qu'elle se transforme d'étape en étape, avec le concours de la forme, mais encore parce que, contrairement à l'idée préformiste, elle n'est l'apanage d'aucun territoire organo-formateur autonome; elle appartient à l'œuf entier et joue, en son lieu et en son temps, un rôle dans l'organisation totale et progressive du germe. Ainsi, le centre iniateur somatique ([2]) ne représente aucun organe spécial et son induction

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1362.
([2]) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 571.

mitogénétique déborde largement par sa propagation, chez le Discoglosse, l'aire des ébauches axiales présomptives de la blastula; plus tard, l'expansion inductrice du centre d'organisation s'étend de proche en proche à toutes les régions du germe. L'ontogenèse va du général au particulier; si les inductions embryonnaires partent de centres localisés, la position même de ces centres est auparavant réglée par la répartition générale des matériaux ovulaires sur l'œuf indivis. La mosaïque est donc une fin, non un point de départ; elle est le résultat, non la cause des déterminations inductrices; l'harmonie du développement est assurée dès la phase d'attraction nucléoplasmique du premier noyau de segmentation.

Un essai de synthèse des mécanismes embryonnaires doit allier la forme à la fonction. Dans l'aperçu suivant, les processus préparatoires de *mise en place* précèdent l'action des organisateurs : 1° les courants d'attraction nucléo-plasmique distribuent les matériaux ovulaires de l'œuf indivis (1re mise en place) de part et d'autre du courant dorsal le plus fort (plan de symétrie bilatérale, centres initiateurs, somatique et germinal, etc.); 2° du centre initiateur somatique émane une induction mitogénétique, qui forme le champ blastuléen dorsal de prolifération ordonnée (2e mise en place); 3° de la contraction des éléments inférieurs de ce champ [1], dépend l'enroulement des lèvres blastoporales et l'invagination gastrulaire (3e mise en place); 4° du centre d'organisation, né dans le premier segment enroulé, part une induction, qui, se propageant de manière centrifuge, de cellule à cellule, détermine et délimite tous les organes de l'embryon. Cette détermination, opérée sur des apports cellulaires de migration, se fait en quatre étapes : la première étape est gastrulaire; 5° la seconde est celle de la ligne primitive [2] : la tige primitive, constituée par les éléments ectodermiques enroulés médialement dans la lèvre dorsale (4e mise en place), construit, grâce à l'induction transmise par la chorde gastrulaire, les organes axiaux du tiers postérieur du tronc; 6° la troisième étape est celle de la formation du tube neural; elle est contemporaine d'un mouvement de conversion, en avant et en dedans, des parois latéro-dorsales de l'ectoderme (5e mise en place); 7° la quatrième étape est celle du bourgeon caudal; ses éléments, issus (Bijtel et Woerdeman, 1928) de

---

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 493, et *C. R. Assoc. Anatomistes*, 26e Réunion, Varsovie, 1931, p. 540-548.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2104 et *C. R. Assoc. Anatomistes*, 27e Réunion, Nancy, 1932, p. 587-604, 6 fig.

la région postérieure du tube médullaire (6e mise en place), sont induits par ceux de la tige primitive; 8e à la fin de la construction embryonnaire, les inductions du germen, émigré au toit cœlomique (mise en place germinale), édifient les gonades et leurs annexes ([1]).

Les facteurs externes ont un rôle nécessaire, mais adjuvant; ils sont stables et l'œuf évolue. Tout s'enchaîne en leur présence. En ce sens l'ontogenèse est prédéterminée; mais cette prédétermination est faite d'une *série de déterminations à temps*. La succession de celles-ci est rigide, inflexible. Elle est plus rigoureuse que ne le disent les préformistes; ceux-ci, pour expliquer les œufs *à régulation*, introduisent l'éventualité d'un changement de potentialités des blastomères; l'épigenèse physiologique se refuse à accepter une mutation qui rompt l'enchaînement inéluctable des fonctions. L'éventualité d'une régulation dépend exclusivement des qualités physiques du protoplasme et spécialement de sa viscosité; quand elle se produit, elle s'accomplit toujours dans *le cadre de la fonction en cours* au moment de l'intervention.

L'individualité, entendue au sens physiologique, n'est réalisée qu'à deux moments de l'ontogenèse, à la phase d'attraction nucléo-plasmique de l'œuf indivis, c'est-à-dire au moment où les courants plasmiques répartissent les substances ovulaires et, beaucoup plus tard, à la phase larvaire, quand la circulation établit entre toutes les parties de l'organisme une corrélation humorale réciproque. Entre temps, pendant la phase de construction embryonnaire, les parties du germe s'ignorent; les territoires agissent par une sorte de délégation de l'individualité primitive et l'organisation s'étend par la propagation, de cellule à cellule, des inductions mitogénétiques et organisatrices.

La notion des chaînes de fonctions entraîne celle de variabilité de la substance vivante dans l'ontogenèse; la spécificité de celle-ci repose donc tout autant sur la détermination strictement orientée de ses changements que sur sa constitution primordiale.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, **116**, 1934, p. 694.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'apparition des cancers spontanés dans les élevages de Souris au sol, en rapport avec les différences de potentiel cage-terre*. Note de MM. **Fred Vlès** et **André de Coulon**, présentée par M. Arsène d'Arsonval.

Dans une expérience entreprise depuis le début de 1931 (¹) nous avons suivi au jour le jour l'apparition de cancers spontanés dans des lots de Souris normales, électriquement isolées du sol par des suspensions particulières, ou au contraire en relation avec celui-ci; nous avons constaté qu'il peut apparaître entre les deux groupes de lots des inégalités dans la fréquence des cancers spontanés. Analysant le processus, nous avions cherché à le mettre en relation, comme pour d'autres phénomènes biologiques, d'une part avec la conductance électrique de l'atmosphère, et d'autre part avec une certaine différence de potentiel réalisée dans la chaîne entre la cage et le sol (coefficient de circulation efficace).

Nous avions à cet effet muni 19 lots de 6 ou 7 cages, de fonds de substances diverses (métaux, charbon, etc.) d'où partaient les fils de terre, et nous avions donné aux différences de potentiel des valeurs déterminées par interposition d'accumulateurs en série sur ces fils. Les différences de potentiel prises comme représentatives avaient été celles entre une solution physiologique de NaCl placée au contact du fond de la cage, et la terre.

Dans ces conditions, si l'on porte pour chacun des lots de cages, *le chiffre moyen de cancers par mois* (c'est-à-dire le nombre total de cancers apparus entre janvier 1931 et juin 1934, divisé par le nombre de mois pendant lequel l'élevage a vécu) (²) en fonction de la différence de potentiel entre le fond de la cage et la terre, on constate que les points expérimentaux, pour une même nature de fond de cage, *se groupent de telle sorte que le nombre*

(¹) F. Vlès et A. de Coulon, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 750; **195**, p. 586; *Arch. Phys. biol.*, **9**, 1932, 14ᵉ Partie, nᵒˢ 3-4, p. 257-266; *Arch. Phys. biol.*, **10**, 1933, 16ᵉ Partie, nᵒ 2, p. 119-126; *Sur les relations entre certaines conditions électriques et le cancer expérimental* (*Congrès du Cancer*), Madrid, 1933, p. 392-399.

(²) Il faut évidemment dans tout cela considérer, avec les réserves convenables, que dans chaque lot la population flottante de Souris, qui s'y renouvelait constamment, s'est maintenue sur un niveau de régime approximativement régulier. La longue durée de l'observation fait que les chiffres moyens des cancers (dont le total dépasse actuellement 200) ne subissent pratiquement plus les variations des influences saisonnières et locales.

moyen de cancers croît quand la différence de potentiel s'élève vers les valeurs positives. Pour le Zn, avec lequel on possède plusieurs expériences, les points se classent en deux zones très différentes, l'une pour les potentiels négatifs, l'autre pour les potentiels positifs, rien n'indiquant encore comment les deux groupes se rejoindront dans la zone du potentiel nul; mais la position, précisément dans cet intervalle, du point isopotentiel du Zn, suggère qu'une discontinuité n'est pas impossible, du fait que le métal est dissociable, pour l'une des branches à l'état de cation Zn^{++}, mais pour l'autre à l'état d'anion (oxydes ou zincate) : de sorte que vis-à-vis des organismes placés sur la lame, le métal doit se présenter effectivement sous deux formes non comparables.

Cancers spontanés des Souris au sol (de janvier 1931 *à juin* 1934). — E, différences de potentiel entre les cages et le sol; *n*, nombres moyens de cancers par mois; *t*, nombre de mois pendant lesquels les lots ont été observés.

Zn (+).			Zn (—).			Pb.		
E.	*n*.	*t*.	E.	*n*.	*t*.	E.	*n*.	*t*.
+0,8 V	0,087 (1)	40 (A) (2)	−3,5 V	0,23	35 (A)	−1,0 V	0	30 (B)
+1,0	0,13	30 (B)	−3,0	0,23	30 (B)	+0,3	0,06 (1)	40 (A)
+2,0	0,30	30 (B)	−2,0	0,27	30 (B)	–	–	–
+2,8	0,37	35 (A)	−1,5	0,36	30 (B)	–	–	–
–	–	–	−1,3	0,34	38 (A)	–	–	–

Cu.			C.		
E.	*n*.	*t*.	F	*n*.	*t*.
−4,0 V	0,13	23 (A)	−3,8 V	0,17	23 (A)
−0,01	0,27 (1)	40 (A)	−0,25	0,21 (1)	40 (A)
+0,4	0,33	30 (B)	+0,30	0,43	30 (B)

Des conditions optima pour augmenter (ou pour diminuer) la cancérisation ont donc été réalisées lorsque la chaîne au sol travaillait en parallèle (ou en opposition) avec le champ terrestre; c'est-à-dire que dans les deux cas les échanges ioniques avec l'atmosphère, dans toutes leurs conséquences (modifications des équilibres d'oxydo-réduction du métabolisme; captation éventuelle de virus extérieurs, etc.), se sont faits de façon dissemblable.

---

(1) Expériences faites avec 7 cages, nombre ramené proportionnellement à 6 cages.

(2) Les cages étaient placées dans deux locaux différents (A ou B); quoiqu'on doive envisager séparément dans les comparaisons les cages A ou B, néanmoins les deux séries sont sensiblement concordantes entre elles.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Influence des variations de l'ozone atmosphérique sur l'activité biologique du rayonnement solaire.* Note de M. **Raymond Latarjet**, présentée par M. Charles Fabry.

Les radiations de la région extrême de l'ultraviolet solaire, comprises entre 2910 et 3300 A., sont particulièrement actives au point de vue biologique. Si l'on prend comme témoin de l'activité biologique l'érythème de la peau, on peut admettre que ces radiations sont *interchangeables* (¹), c'est-à-dire qu'elles produisent les mêmes effets à la condition de les faire agir avec des intensités convenables. En effet, dans le domaine spectral considéré, l'érythème présente à peu près les mêmes caractères (²) (variations avec l'énergie incidente, période de latence, pigmentation, etc.); il semble donc raisonnable d'adopter la notion d'efficacité érythémale relative et d'attribuer à la première boucle de la courbe spectrale d'érythème une signification analogue à celle de la courbe de visibilité en photométrie visuelle. Or, dans cette même région spectrale, l'intensité relative des diverses radiations est fortement modifiée par l'absorption sélective de l'ozone atmosphérique. Les variations de la quantité totale d'ozone contenue dans l'atmosphère exercent donc une influence considérable sur l'activité biologique spécifique (production de la vitamine D et efficacité antirachitique) du rayonnement solaire ultraviolet.

Pour évaluer quantitativement cette influence, tout au moins en première approximation, nous avons supposé que la distribution de l'énergie dans le spectre solaire, en dehors de l'atmosphère, ne diffère pas sensiblement de celle du rayonnement noir correspondant à la température de 6000° K. En plus de l'absorption due à l'ozone, nous avons à tenir compte de la diffusion moléculaire et des éléments de pollution (brume, brouillards, fumées, etc.) de la basse atmosphère. Pour les stations d'altitude où s'effectuent, par temps clair, les traitements héliothérapiques, on peut d'ailleurs négliger l'influence complexe et très variable des couches inférieures, et représenter simplement l'activité érythémale d'une radiation de

---

(¹) Ch. Fabry, *Revue d'Optique*, 12, 1933, p. 465, 471.

(²) K. W. Hausser, *Strahlentherapie*, 28, 1928, p. 25, 44; E. Q. Adams, B. T. Barnes et W. E. Forsythe, *Journal Optical Society of America*, 21, 1931, p. 207, 222.

longueur d'onde λ par l'expression

$$A_\lambda = E_\lambda \varphi_\lambda 10^{-k_\lambda l} 10^{-K_\lambda h},$$

dans laquelle les divers symboles ont la signification suivante :

E_λ, efficacité érythémale relative, égale à l'ordonnée de la courbe spectrale d'érythème, d'après W. W. Coblentz et R. Stair (¹).

φ_λ, flux énergétique tombant sur une surface de 1^{cm^2}, normale aux rayons solaires, rapporté à un intervalle de longueur d'onde égal à l'unité. Ce flux peut être déduit de la valeur de la constante solaire en tenant compte de la répartition de l'énergie dans le spectre du corps noir à 6000° K.

k_λ, coefficient d'absorption de l'ozone d'après Ny Tsi Ze et Chong Shin Piaw (²).

K_λ, coefficient d'absorption correspondant à la diffusion moléculaire (³).

l et h, épaisseurs, réduites aux conditions normales de pression et de température, de la couche d'ozone et de l'atmosphère traversées par les rayons solaires.

A_λ représente donc une *densité de flux érythémal* et peut être, pour diverses valeurs de l et de h, calculé en *finsens* par unité de longueur d'onde (⁴). Les calculs ont été effectués pour une altitude de 1000^m, dans le cas d'une surface de 1^{cm^2} recevant des rayons verticaux ($h = 7{,}05 . 10^5$ cm) et pour des épaisseurs d'ozone variant de 0 à 6^{mm}.

L'activité érythémale du rayonnement total, dans les mêmes conditions, a pour expression

$$A_l = \int_{\lambda=2910\,A}^{\lambda=3300\,A} A_\lambda \, d_\lambda.$$

Sa valeur en *finsens* a été obtenue par intégration graphique de la courbe $A_0 = f(\lambda)$ relative à chaque épaisseur l de la couche d'ozone. Les résultats, mentionnés dans le Tableau I, peuvent être représentés par la formule

$$A\ (\text{finsens}) = \frac{68{,}7}{1 + 245{,}2\,(l)^{1,9}} \qquad (l \text{ en centimètres}).$$

TABLEAU I.

l.	A.	l.	A.	l.	A.	l.	A.	l.	A.
0......	68,7	0,20...	5,50	0,26...	3,44	0,34...	2,10	0,46...	1,20
0,15...	8,95	0,22...	4,64	0,28...	3,01	0,38...	1,74	0,50...	1,02
0,18...	6,58	0,24...	3,96	0,30...	2,65	0,42...	1,42	0,60...	0,73

(¹) *Bureau of Standards Journal of Research*, 8, 1932, p. 541-547; 12, 1934, p. 13-14.

(²) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 309-311; 196, 1933, p. 916-918.

(³) CABANNES et DUFAY, *Journal de Physique*, 6ᵉ série, 7, 1926, p. 257-274.

(⁴) M. LUCKIESH et L. L. HOLLADAY, *Journal Opt. Soc. of America*, 23, 1933, p. 197-205.

Ces résultats mettent en évidence l'importance des variations de l'activité érythémale du rayonnement solaire, et montrent que, dans les traitements héliothérapiques usuels, on ne peut se contenter des estimations basées uniquement sur la durée journalière d'exposition. Ils montrent qu'il serait nécessaire d'employer simultanément une méthode rationnelle de dosage fondée sur l'utilisation d'un récepteur physique (cellule photoélectrique avec filtre ou écran correcteur) possédant une sensibilité spectrale appropriée. En reprenant les calculs pour diverses hauteurs du soleil au-dessus de l'horizon, on montrerait aisément que l'efficacité thérapeutique du rayonnement solaire varie considérablement au cours d'une même journée, par suite de l'obliquité variable des rayons traversant les couches absorbantes et diffusantes.

MICROBIOLOGIE. — *Placentas syphilitiques, formes minuscules du tréponème et ultravirus syphilitique*. Note de M. **Yervante Manouélian**, présentée par M. Félix Mesnil.

La recherche du parasite de la syphilis est souvent pénible, décevante même dans le placenta. Alors même que les tréponèmes fourmillent dans les organes du fœtus, on ne constate souvent aucun trépomène dans le placenta et les recherches réitérées pour déceler le parasite demeurent vaines.

Or nous avions montré, dans nos travaux antérieurs, que, dans les placentas syphilitiques, on trouve une phagocytose intense des trépomènes, phagocytose permettant d'expliquer la rareté, l'absence des parasites dans ce viscère. Nos récentes recherches confirment nos premiers travaux, nous possédons en effet toute une série d'observations inédites avec de remarquables exemples de phagocytose intra-placentaire.

Il n'en est pas moins vrai cependant que, dans nombre de cas d'hérédo-syphilis précoce, alors même qu'il existe des lésions fœtales où pullulent les parasites, on ne trouve aucun tréponème dans le placenta ni dans les phagocytes ni à l'état libre. La phagocytose avait-elle, qu'on nous permette l'expression, râflé les parasites rendant ainsi très difficiles, impossibles toutes les recherches? Ou peut-être quelquefois le parasite végète-il peu dans le placenta et, même sans y séjourner, le franchit-il pour se développer dans l'organisme du fœtus?

Quoi qu'il en soit, dans nombre de placentas syphilitiques où, malgré de multiples et longues recherches, nous n'avions pu déceler aucun tréponème, nous avons surpris des parasites. Disons pour notre excuse qu'il

s'agit ici surtout de tréponèmes minuscules et de granules localisés dans des foyers que vraiment le hasard seul pouvait nous révéler : qu'on en juge.

Nous avons étudié il y a plusieurs années le cordon, le placenta et les viscères d'un enfant né près du terme et mort quelques heures après la naissance. Phlébite intense de la veine ombilicale avec tréponèmes typiques au niveau de la lésion et dans la veine ombilicale. Pas de tréponèmes, pas de lésions bien appréciables dans les viscères chez l'enfant, mais une forte hémolyse. Pas de tréponèmes non plus dans le placenta. Ce n'était pas une affirmation à la légère, mais le résultat de longues et patientes recherches. Nous avions débité en coupes plusieurs morceaux imprégnés à l'argent; et comme il n'était pas possible d'examiner plusieurs milliers de lames, nous avions procédé comme on agit en pareil cas : sur un long ruban nous avons de place en place prélevé des coupes pour l'examen. Nous avons ainsi examiné un nombre considérable de rubans : aucun parasite.

Or la reprise d'anciennes recherches et le réexamen des coupes provenant de lésions syphilitiques nous ayant donné des résultats fort intéressants, nous nous sommes remis à l'étude des viscères d'hérédosyphilitiques où l'examen n'avait pas révélé de parasites. Les préparations du placenta de l'observation précédente furent de nouveau examinées, et parmi un nombre considérable de lames, sur de rares coupes seulement, nous avons décelé quelques parasites. Ceux-ci se trouvaient dans un seul foyer au niveau des cellules déciduales du placenta maternel, tout près d'une villosité cramponne. Mais à l'encontre de ce que nous avions constaté dans le cordon — des tréponèmes typiques en nombre considérable — les parasites adultes étaient très rares dans le placenta; nous y avons trouvé surtout les formes minuscules du parasite, formes à trois, deux et un, et parfois moins d'un tour de spire, tous munis d'un filament ténu. Nous avons constaté aussi des granules à filaments (ultra-virus syphilitique). Et fait très intéressant nous avons surpris quelques tréponèmes en voie de fragmentation granulaire totale : un tréponème typique se fragmente en formes minuscules, en granules; tous reliés d'abord par le filament périplasmique qui s'étire et se rompt ensuite, libérant ainsi les nouveaux parasites. Parfois aussi, au lieu de subir la fragmentation totale, le tréponème émet seulement par une extrémité des granules, des formes minuscules, qui se libèrent aussi par étirement et rupture du filament périplasmique.

Deux autres observations du même type clinique d'hérédosyphilis pré-

coce que la première, observations où l'examen des placentas n'avait d'abord révélé aucun parasite, reprises et étudiées par nous, ont donné des résultats semblables. Après de nouvelles et longues recherches, nous avons pu, dans quelques coupes, déceler des foyers autour des vaisseaux des villosités fœtales. Mais est-ce un hasard? Dans ces foyers aussi, nous avons constaté les mêmes formes parasitaires que celles du placenta de la première observation : tréponèmes typiques rares; jeunes parasites à trois, deux, un et parfois moins d'un tour de spire, un granule, tous munis d'un filament ténu; tréponèmes en voie de fragmentation totale ou partielle.

Devant ces résultats intéressants, nous nous sommes proposé de refaire nos anciennes recherches, réexaminer encore nos anciennes imprégnations. Mais d'ores et déjà on peut affirmer que, dans des placentas syphilitiques où le tréponème semble introuvable, les recherches répétées et minutieuses finissent par découvrir des foyers où le parasite se trouve surtout à l'état de formes minuscules, de jeunes tréponèmes et d'ultravirus syphilitique.

MICROBIOLOGIE. — *Purification du vaccin antivariolique à l'aide des rayons* X. Note de M. **Baruch Samuel Levin**, présentée par M. Charles Achard.

On essaie depuis longtemps de purifier le vaccin antivariolique des germes qui lui sont associés; mais on se heurte à la difficulté suivante : c'est que les agents physicochimiques comme la chaleur, les rayons ultraviolets et les désinfectants attaquent simultanément le vaccin et ses hôtes.

Dans certains pays, comme l'Angleterre par exemple, les lois d'hygiène publique exigent une pureté relative du vaccin, dont le taux de germes associés ne doit pas dépasser 5000 unités par centimètre cube. Ces exigences ne doivent pas être considérées comme exagérées, vu les accidents possibles auxquels on expose les sujets en leur donnant un vaccin impur. Nous nous sommes donc efforcé de trouver un vaccin qui, n'ayant rien perdu de ses propriétés immunisantes, serait tout à fait stérile de microbes et ceci à l'aide des rayons X à doses massives.

On s'est servi du rayonnement non filtré d'un tube à anticathode en chrome, refroidi par une circulation d'eau et muni d'une fenêtre d'aluminium de 15^{μ} d'épaisseur et de 6^{mm} de diamètre et fonctionnant sous 20 kV avec 20 mA.

Le vaccin provenait de l'Institut supérieur de Vaccine de l'Académie

de Médecine de Paris. M. Henri Bénard, directeur de cet Institut, et sa collaboratrice Mlle Ratner ont bien voulu nous fournir des échantillons de vaccin et nous communiquer les résultats bactériologiques et physiologiques de l'examen de ces vaccins qui ont été préalablement irradiés par nous.

Le vaccin a été broyé 6 semaines avant le commencement de l'expérimentation et a été gardé à une température de -15° C. C'etait un vaccin non purifié, contenant environ 20000 bactéries par centimètre cube, des moisissures et quelquefois des anérobies.

Le titrage du vaccin irradié par comparaison avec le vaccin témoin a été effectué suivant la méthode habituelle sur lapin. Le dos de cet animal, fraîchement rasé, fut partagé en six champs, trois de chaque côté. Chacun de ces champs a été scarifié et les scarifications imprégnées avec un vaccin différent : du côté gauche on a introduit du vaccin irradié dilué au 1/100e, 1/1000e et 1/10000e; du côté droit, du vaccin non irradié dans les mêmes proportions.

Nous donnerons ici, à titre d'exemple, les résultats d'une expérience entre 15 similaires que nous avons entreprises :

Anticathode en chrome : 20 kV, 20 mA; irradiation : 2 minutes; distance foyer, préparation : 30^{mm}.

Vaccin irradié.	Vaccin non irradié (témoin).
Examen bactériologique.	
Colonies : 0	200 colonies de Staphylocoques blancs et dorés
Moisissures : 0	quelques moisissures par $0^{cm^3},01$ de vaccin
Anaérobies : 0.	

Examen physiologique.

Lapin beige, 2500^g; aspect de la peau après 5 jours.

Vaccin dilué au 1/100e : confluent avec léger épaississement	confluent avec épaississement
Vaccin dilué au 1/1000e : confluent...	confluent avec épaississement
Vaccin dilué au 1/10000e : presque confluent	confluent avec certain épaississement

Le tube radiogène émettait au niveau de la préparation environ 1500 r par seconde. Vu que le vaccin était contenu dans des tubes capillaires de verre de $0^{mm},15$ d'épaisseur, 80 pour 100 du rayonnement était absorbé par le verre et le vaccin recevait moins de 300 r par seconde. Puisque dans la plupart des cas une irradiation de 80 secondes était suffisante pour stériliser le vaccin, la dose totale bactéricide était de 16000 r seulement. Cette

dose (1) est très inférieure à celle que Levin et Lominski ont constatée pour des bactéries irradiées en bouillon nutritif. Cette différence est probablement attribuable au fait que les conditions des deux expériences n'étaient pas les mêmes.

Nous avons constaté dans nos expériences que le virus vaccinal résiste encore à des doses rœntgéniennes des dizaines de fois plus élevées que celles qui tuent le staphylocoque.

De pareilles constatations ont été faites avec un virus de la fièvre jaune adapté à la souris (Theiler) que nous devons à l'obligeance de MM. Pettit et Stefanopoulo. En effet le virus irradié, avec une dose cinq fois plus élevée que celle tuant le staphylocoque, tuait la souris dans un même délai que le virus non irradié.

Il résulte de nos expériences qu'il est possible d'obtenir à l'aide des rayons X un vaccin antivariolique dépourvu de bactéries, et où le virus vaccinal a été si légèrement atténué que le vaccin stérile ainsi obtenu remplit encore toutes les conditions que l'on exige d'un vaccin très actif.

MÉDECINE. — *Procédé de radioscopie cinématographique*. Note (2) de M. **Georges Djian**, présentée M. Arsène d'Arsonval.

Divers procédés ont déjà été proposés pour la radiocinématographie; tous présentaient des inconvénients tels qu'ils ne sont pas sortis du domaine de l'expérimentation, quoique cependant des auteurs aient pu obtenir des films intéressants d'images cardiaques ou gastriques.

Le procédé le plus simple est de cinématographier les images qui apparaissent sur l'écran fluorescent; c'est cette méthode qu'avaient adoptée, en 1910, Lomon et Comandon; mais l'objectif utilisé, en quartz, travaillant à $f = 1{,}55$, nécessitait un éclairement intense de l'écran, qui ne pouvait être obtenu que par une ampoule fonctionnant à un régime intensif de 100 kilovolts et 100 milliampères : les ampoules ne résistaient pas à une telle puissance et surtout, les sujets risquaient des accidents cutanés et généraux, dûs à la quantité de rayons X qu'ils absorbaient.

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 863.
(2) Séance du 8 avril 1935.

Le point intéressant du procédé présenté réside dans l'emploi d'un objectif travaillant à grande ouverture : $f = 0,53$ et composé de plusieurs groupes de lentilles dont l'un renferme une surface *asphérique*.

Cet objectif est constitué de telle sorte que, si l'on place le diaphragme jusqu'à $f = 0,75$, la marche des rayons lumineux se fait uniquement à travers un système sphérique; de $f = 0,75$ à $f = 0,53$, les rayons passent par par un système partiellement *asphérique*.

Les films projetés devant l'Académie ont été pris dans les conditions de marche suivante :

	Main.	Coude.	Pied.	Poumons et cœur.	Œsophage.
Kilovolts	80	80	80	80	80
Milliampères	12	15	17	15	18

Cette intensité, allant de 12 à 18 milliampères, permet d'opérer pendant plus d'une minute sans danger ni pour le patient ni pour l'appareillage.

La qualité des images obtenues est bonne : leur netteté se rapproche de celle que donnent les objectifs travaillant à $f = 1,4$. Les intensités utilisées pour l'éclairement de l'écran ne dépassent pas celles en usage courant dans les laboratoires de radiologie et mettent cette méthode de cinématographie à la portée de la plupart des spécialistes.

Elle permettra de préciser les détails de certaines images d'organes en mouvement, trop rapides pour être bien observées directement, et fournira à l'enseignement un appoint très important.

M. **R. Chaffort** adresse une Note *Sur la destination des sacs aériens des oiseaux*, où il émet l'hypothèse que ces sacs sont destinés à fuseler le corps de l'animal suivant une forme de moindre résistance à l'avancement.

La séance est levée à 15^h50^m.

É. P.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 24 AVRIL 1935.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

En l'absence du Président et du Vice-Président de l'Académie, j'ai le triste devoir et la douleur de vous annoncer un nouveau deuil. M. **Louis Joubin** est mort, la nuit dernière, des suites d'une affection multiforme qui, à partir du mois d'août, le tint cloué sur sa couche, le priva progressivement d'une alimentation sérieuse, et le réduisit à un état d'émaciation extraordinaire, sans néanmoins porter atteinte à son moral et à sa lucidité qui, jusqu'aux premiers jours de cette semaine, demeurèrent intacts. Après un si long calvaire on eût pu espérer le voir doucement s'éteindre; mais il n'en a rien été; sa constitution robuste lutta jusqu'au bout contre la mort, et il fallut les terribles souffrances d'une longue agonie pour lui arracher le dernier soupir.

Avec Louis Joubin disparaît un des rares survivants de l'école zoologique groupée autour de Lacaze-Duthiers, école dont il reste cependant ici notre Confrère Marchal. Aux temps lointains où je fréquentais la Sorbonne, on pouvait voir autour du grand Maître le jeune Louis Joubin, qui remplissait les fonctions de préparateur et avait en outre la charge des laboratoires de Roscoff et de Banyuls récemment établis par Lacaze-Duthiers. Ce fut là le point de départ d'une carrière brillante et féconde, dont je ne puis qu'esquisser les principaux traits.

Devenu professeur de Zoologie à la Faculté des sciences de Rennes, qui l'éleva bien vite au décanat, Joubin quitta ce poste pour la chaire de Malacogie du Muséum, qu'il occupa jusqu'au début de cette année, où il sollicita sa mise à la retraite; entre temps, estimé à juste valeur par le Prince Albert Ier de Monaco, il prit part à la fondation de l'Institut océanographique et devint un des professeurs les plus goûtés de cette haute école; il prit ensuite place dans cette Académie, dont il fut élu Membre le 14 février 1921, au fauteuil qu'occupait Delage. Depuis quelques années, il avait été promu Commandeur dans la Légion d'honneur.

On peut établir deux parties dans l'œuvre scientifique de Louis Joubin : l'une, relative à l'organisation et à la biologie générale des Invertébrés marins inarticulés, l'autre à l'Océanographie, à la distribution et à l'utilisation des richesses zoologiques marines.

Ses recherches de Zoologie pure ont porté d'abord sur des animaux fort énigmatiques et plus ou moins vermiformes, les Chétognathes, qui se déplacent au moyen de nageoires latérales; les Némertes, qui sont des Vers apparentés de loin aux Annélides et les Brachiopodes, qui, s'éteignant de nos jours alors qu'ils pullulaient dès les temps primaires, ont laissé des tests fossiles précieux pour la Géologie. Il est certainement, pour ces deux derniers groupes, un historiographe de premier ordre, dont l'œuvre continuera longtemps à rendre des services.

Toutefois la maîtrise de Joubin s'est affirmée plus nettement encore dans le groupe des Céphalopodes, où il a mis en évidence le caractère singulier de la faune bathypélagique, grâce surtout aux produits des campagnes monégasques : adaptation aux grandes profondeurs de certaines espèces, qui se gorgent d'eau et se réduisent à une sorte de gelée hyaline pour que le corps ait une densité voisine de celle du milieu; transformation des ventouses, qui s'arment de griffes ou renferment des filaments destinés à engluer la victime; enfin et surtout, découverte dans la peau d'organes lumineux extraordinairement complexes avec un système de réflecteurs, de lentilles, de cellules photogènes et de cellules nerveuses combinées de telle sorte que l'animal peut projeter sa lumière en divers sens, éteindre ou allumer ses phares, en modifier la couleur et l'intensité; suivant les espèces, ces organes sont peu nombreux et localisés en certains points ou en telle abondance qu'ils occupent presque toute la surface de la peau. Louis Joubin a fait, en cela, connaître de pures merveilles.

Dans le domaine océanographique, il ne s'est pas contenté de décrire les nombreux Céphalopodes recueillis au cours des campagnes françaises et

monégasques; à ce travail de cabinet, il a joint celui de l'homme d'action qui cherche à découvrir sur place les conditions d'existence des animaux marins, surtout de ceux exploités pour l'alimentation de l'homme. Ainsi le voyons-nous suivre, à de nombreuses reprises, les campagnes monégasques, dresser la Carte des gisements de Mollusques comestibles de nos côtes, puis consacrer un travail semblable à la répartition biogéographique, dans la région bretonne, des Algues et des Zostères, c'est-à-dire des plantes marines qui servent directement ou indirectement à l'alimentation de la faune. C'est pour servir la même idée qu'il a rendu compte des changements produits par la frigorification dans les tissus de la Sardine.

Enfin, dans le domaine de l'Océanographie pure, il a établi, en cinq feuilles, la Carte des récifs coralligènes du monde entier, travail de laboratoire considérable, pour lequel il a dû compulser d'innombrables études et tirer laborieusement parti des riches collections du Muséum.

Ces travaux avaient rempli d'enthousiasme le prince Albert de Monaco, qui le nomma directeur des *Annales océanographiques;* ils éveillèrent également l'attention des industriels et c'est ainsi que notre confrère devint l'organisateur de l'*Office scientifique des pêches*. C'est audit Office qu'a été confié le soin de réaliser les croisières prévues par les accords diplomatiques pour l'étude des mers européennes, et c'est aux démarches et aux missions multiples de Louis Joubin qu'est due l'adhésion de la France à ces accords; vous savez comment notre valeureux Jean Charcot, très lié avec Joubin, sait remplir les devoirs réclamés par l'Office.

L'activité de Joubin était inlassable et s'effectuait dans toutes les directions utiles à la Science; il fut au Muséum la cheville ouvrière de la souscription pour le monument élevé à la mémoire de Lamarck : et notre Secrétaire perpétuel, M. Émile Picard, ne me contredira certainement pas si j'affirme que Joubin fut pour lui un Secrétaire général précieux, à la grande et bienfaisante Société de secours des Amis des Sciences.

Nous garderons tous la mémoire du savant et aimable Confrère qui vient de disparaître. Au nom de l'Académie, j'adresse à Madame Joubin, à ses enfants, à ses frères, à toute cette famille qui vient de traverser un si long martyre, l'expression de nos sympathies profondes et de nos condoléances attristées.

La séance est levée en signe de deuil.

CINÉMATIQUE. — *Sur un projet d'expérience de M. Dufour.*
Note de M. **Paul Langevin.**

La réponse de M. Dufour ([1]) à mes observations ([2]) sur son projet d'expérience met en évidence certains malentendus qui l'ont empêché de me bien comprendre et qu'il me paraît nécessaire de dissiper ici.

I. Le premier concerne la contraction de Lorentz, dont j'ai fait usage pour démontrer qu'au point de vue relativiste l'emploi d'engrenages ne permet pas de donner aux disques A et A′ des vitesses *linéaires* mais bien des vitesses *angulaires* égales et opposées par rapport au plateau D.

M. Dufour se demande si cette contraction est réelle ou fictive et semble croire qu'elle peut être l'un ou l'autre, soit au point de vue de la cinématique classique, soit au point de vue de la cinématique relativiste.

Je rappelle d'abord en quoi consiste cette contraction : si une portion de matière est immobile par rapport à des observateurs galiléens O, ses dimensions sont plus grandes pour ceux-ci (dimensions propres de l'objet) que pour tout autre observateur galiléen O_1 en mouvement par rapport à l'objet avec la vitesse v. La déformation observée par O_1 est un aplatissement dans la direction du mouvement relatif et dans le rapport $\sqrt{1-v^2/c^2}$, ou pratiquement $1-v^2/2c^2$.

Cet énoncé, entièrement rigoureux lorsque l'immobilité par rapport à O est permanente, c'est-à-dire lorsque l'objet est en translation uniforme par rapport à O_1, subsiste lorsque cette immobilité n'est que momentanée, à condition que l'accélération soit normale à la direction du mouvement relatif, ce qui est le cas pour l'application que j'en ai faite aux dents d'engrenages en rotation ou, si elle a une composante dans la direction du mouvement relatif, à condition que cette composante soit faible par rapport au quotient du carré de la vitesse de la lumière par la longueur propre de l'objet, ce qui est pratiquement toujours réalisé.

En cinématique classique, la contraction de Lorentz n'est ni réelle ni fictive : elle n'existe pas. Les dimensions d'un objet sont les mêmes pour tous les observateurs quel que soit leur mouvement par rapport à lui.

En relativité, il n'y a pas lieu non plus de se demander si la contraction est réelle ou fictive : elle est *relative* à l'observateur O_1 et non intrinsèque à

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1283.
([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1161.

l'objet observé. Un solide est plus court *pour l'observateur* qui le voit passer que pour celui qui lui est lié. Il n'y a par conséquent pas à se demander si un objet *considéré en lui-même*, qu'il s'agisse des dents portées par les disques ou de celles du pignon, *subit* ou non la contraction de Lorentz. La question n'a de sens qu'en ce qui concerne la longueur attribuée à l'objet par tel ou tel observateur.

II. Lorsque M. Dufour, après s'être posé, pour les dents du pignon, une des questions auxquelles je viens de répondre, voit dans une mesure de température le moyen de trancher entre les deux cinématiques, il introduit des considérations qui ne sont plus d'ordre purement cinématique : le problème des déformations périodiques et des échauffements qui peuvent en résulter dans le système en rotation est d'ordre élastique et thermodynamique.

A ce nouveau point de vue, il est nécessaire de remarquer que, en mécanique purement classique, le pignon doit être le siège de déformations périodiques (et par conséquent de variations de température par hystérésis élastique) énormes par rapport aux changements qu'introduirait la substitution de la mécanique relativiste à la mécanique classique. Autrement dit, l'introduction en élasticité et en thermodynamique du point de vue relativiste ne donnerait lieu qu'à des modifications absolument négligeables dans les déformations périodiques et dans les variations de température prévues par la théorie classique.

En effet, un calcul simple fait au point de vue purement classique, montre que le pignon, supposé plan et tournant avec la vitesse angulaire Ω autour d'un axe horizontal entraîné lui-même dans un mouvement de rotation avec la vitesse angulaire ω autour d'un axe vertical, sera, à côté de déformations permanentes dues aux forces centrifuges, le siège de phénomènes d'hystérésis élastique tournante correspondant, d'une part à des efforts de traction horizontaux dans son plan sous l'action de forces d'origine centrifuge proportionnelles à ω^2, et d'autre part à des efforts de flexion sous l'action de forces de Coriolis parallèles à son axe de rotation et proportionnelles à $\Omega\omega$ (effet gyroscopique).

Les déformations correspondantes pour chaque élément de la matière du pignon seront périodiques avec la pulsation Ω. Elles auront des amplitudes de l'ordre du carré ou du produit deux à deux des rapports entre les vitesses linéaires v réalisées dans la rotation et les vitesses de propagation des ondes élastiques dans la matière du pignon. Ces dernières vitesses sont, au maximum, de l'ordre de 5×10^5 cm/s, c'est-à-dire 6×10^4 fois plus faibles

que la vitesse c de la lumière. La contraction de Lorentz en $v^2/2c^2$ sera donc de l'ordre de 10^{10} fois plus petite que les déformations périodiques prévues par la théorie classique. Cette comparaison suffit à montrer combien seraient faibles les modifications introduites par la relativité.

III. Si l'on se place ainsi au point de vue élastique, c'est-à-dire si l'on tient compte, comme le désire M. Dufour, des propriétés du « monde réel matériel », au lieu de rester en cinématique pure, comme il est nécessaire de le faire pour traiter le problème de la liaison par engrenages, on voit que les possibilités de succès de l'expérience, sous la nouvelle forme thermique proposée par M. Dufour, ne deviennent pas plus grandes et qu'il est inutile d'y consacrer le moindre effort.

IV. Le résultat négatif, prévu par la cinématique relativiste comme par la cinématique classique pour la première forme de l'expérience, est indépendant du nombre de dents des engrenages, à condition naturellement que ceux-ci fonctionnent bien, c'est-à-dire que le relief des dents reste suffisant pour assurer une prise effective entre elles et pour maintenir les relations correspondantes entre les déplacements angulaires des disques A et A' par rapport au plateau D. Cette condition, si l'on augmente le nombre des dents, cessera d'être remplie longtemps avant que les largeurs des dents atteignent des dimensions atomiques ou moléculaires. Pour cette raison, je ne puis prendre au sérieux l'assimilation que fait M. Dufour entre la liaison par roulement et celle par engrenages. Cette dernière impose des relations *arithmétiques* entre les vitesses *angulaires*, tandis que le roulement réalise l'égalité des vitesses *linéaires* avec une précision évidemment limitée par les propriétés du « monde réel matériel ». C'est en tenant compte de ce fait que j'ai considéré comme irréalisable la précision 10^{-13} qui serait nécessaire pour donner à la possibilité théorique un sens expérimental.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Identification de petites quantités de formol.* Note [1] de MM. **Richard Fosse, Paul de Graeve** et **Paul-Émile Thomas.**

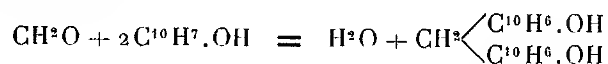
Le principe de cette identification repose : 1° sur la formation d'une combinaison peu soluble, de poids moléculaire élevé (10 fois supérieur à celui du formol), le dinaphtolméthane, découvert par Hoesaeus [2]

---

(1) Séance du 15 avril 1935.

(2) *Ber. deutsch. chem. Gesells.*, 25, 1892, p. 3213.

en traitant en milieu acétique concentré, à chaud, des doses massives de formol et de naphtol B :



$$CH^2O + 2C^{10}H^7.OH = H^2O + CH^2\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^6.OH\\C^{10}H^6.OH\end{matrix}\right.$$

2° sur la propriété que possède le formol de s'unir au naphtol, même à l'état de traces et en milieu très dilué; 3° sur des procédés microchimiques de diagnose et d'analyse auxquels se prêtent très bien : *le dinaphtolméthane, son anhydride le dinaphtopyrane et les sels* de pyryle *ou de* pyrylium, *découverts par l'un de nous* (1).

1. Précipitation du formol a l'état de dinaphtolméthane. — La nécessité d'employer, au minimum, 10 parties de naphtol pour 1 partie de formol et le degré de solubilité de ce phénol dans l'eau à 100°, conduisent à opérer sur des liqueurs de titre en formol inférieur à $0^g,5$ par litre. Les concentrations maxima de réactifs que nous évitons de dépasser sont pour 1000^{cm^3} : naphtol, 2^g; formol, $0^g,2$; acide chlorhydrique concentré, 100^{cm^3}.

Si, à une solution limpide, obtenue en plaçant au bain d'eau à 100° : naphtol, $0^g,02$; eau, 10^{cm^3}; HCl concentré, 1^{cm^3}; on ajoute 1^{mg} *de formol*, on voit la liqueur se troubler après quelques instants de chauffage, puis déposer de volumineux flocons de dinaphtolméthane.

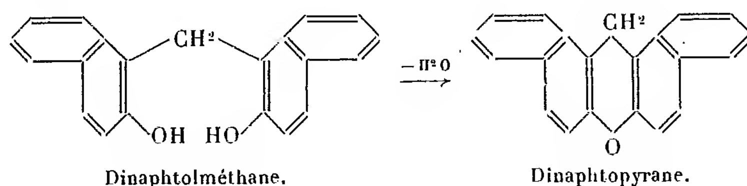
Précipitation d'un dixième de milligramme de formol, à la dilution 1/100000e. — A la solution formée en portant à 100° : naphtol, $0^g,02$; eau, 10^{cm^3}; HCl concentré, 1^{cm^3}; ajouter : liqueur titrée de formol à 1/10000e, 1^{cm^3}. Après 10 minutes, de légers flocons de dinaphtolméthane flottent dans le liquide.

2. Microcristallisation du dinaphtolméthane. — I. Chauffer au microbrûleur, dans un petit tube à essais : dinaphtolméthane, $0^{mg},1$; eau, $0^{cm^3},3$; liqueur de soude N/10, $0^{cm^3},10$. Une goutte d'acide chlorhydrique N, portée dans la solution bouillante, donne un trouble qui disparaît à l'ébullition. Par refroidissement, se séparent des cristaux visibles à l'œil nu, formés, au microscope, de longues et fines aiguilles.

II. Une lame porte-objet à concavité reçoit *un cinquantième de milligramme* environ de dinaphtolméthane, puis du benzène bouillant, par gouttelettes. La matière se dissout, le solvant se volatilise et l'on voit apparaître, au microscope, de longues et fines aiguilles.

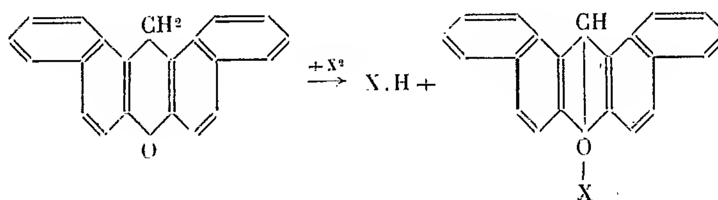
(1) R. Fosse, *Comptes rendus*, 1901-1906; *Les fonctions dinaphtopyranol, xanthydrol et sel de pyryle* (*L'Urée*, Paris, 1928, p. 241-288).

3. Caractérisation du dinaphtolméthane par sa transformation en sels de pyryle. — Le dinaphtolméthane, soumis à chaud à l'action de l'oxychlorure de phosphore ([1]) ou de l'acide acétique et du gaz chlorhydrique (R. Fosse) ou de l'acide acétique chlorhydrique et du chlorure de zinc, perd une molécule d'eau et se cyclise en formant le dinaphtopyrane, découvert par Wolf ([1]),



Dinaphtolméthane. Dinaphtopyrane.

Les curieuses propriétés de la fonction *sel de pyryle* ou *sel de pyrylium*, permettent de reconnaître, en quantité extrêmement faible, les sels de dinaphtopyryle, le dinaphtopyrane, le dinaphtolméthane et, par conséquent aussi, l'aldéhyde formique. Quoique *dépourvu d'azote*, le dinaphtopyrane engendre, au contact des halogènes, des corps cristallisés, *aussi fortement colorés que les plus belles matières colorantes :* les *sels de dinaphtopyryle*



Ces corps, doués en outre d'une *très remarquable activité chimique*, se comportent comme des *hypochlorites* ou *hypobromites*, des *persels*, des *quinones* ou des *sels de diazonium*. En effet ils déplacent l'iode de l'iodure de K; transforment l'alcool en aldéhyde; se copulent, comme les diazoniums, avec les phénols et les amines aromatiques.

A côté de ces réactions de *substitution*, les sels de *pyryle* produisent de très nombreuses réactions d'*addition :* ils fixent deux atomes d'halogènes pour former des trihaloïdes fortement colorés; ils se combinent aux haloïdes des métaux : platine, palladium, or, uranium, mercure, cuivre, cadmium, fer, zinc, manganèse, cobalt, plomb, antimoine, arsenic, étain, etc., et à la plupart des réactifs des alcaloïdes : acide picrique, tannin, halogènes,

([1]) Wolf, *Ber. deutsch chem. Gesells.*, 26, 1893, p. 84.

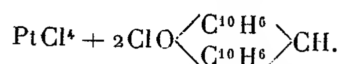
acides perchlorique, ferro et ferricyanidrique, nitroprussique, molybdique, phosphotungstique et molybdique, silicotungstique, vanadique, etc.

L'insolubilité ou la très faible solubilité de ces dérivés du *pyrilium*, leur poids moléculaire élevé et leurs propriétés nous donnent des moyens précieux et variés, de caractériser l'aldéhyde formique.

Transformation du dinaphtolméthane en dinaphtopyrane et sels de pyryle. — Placer au bain d'eau bouillante, dans un tube à essais, le dinaphtolméthane (5^{mg}) et de l'oxychlorure de phosphore (2 gouttes). Après 2 minutes, triturer avec de l'eau et de la soude, à chaud, l'huile rouge foncé ainsi obtenue, laver, sécher et dissoudre le résidu gris dans du benzène chaud (2^{cm^3}). Laisser évaporer une goutte de la solution benzénique sur une lame porte-objet, puis exposer à des vapeurs de brome cette trace de substance : un faible enduit rouge apparaît aussitôt, formé de prismes rouges enchevêtrés, microscopiques.

Formation du chloroplatinate de dinaphtopyryle. — Introduire une petite quantité de brome dans la solution benzénique; recueillir le précipité (bromure de dinaphtopyryle); le dissoudre dans de l'acide acétique-chlorhydrique; puis, ajouter une goutte de chlorure de platine : le précipité rouge brique du chloroplatinate de dinaphtopyryle apparaît après quelque temps.

En présence de l'acide chlorhydrique, le bromure de dinaphtopyryle se transforme en chlorure, puis celui-ci se précipite à l'état de chloroplatinate



$$PtCl^4 + 2ClO\left\langle\begin{matrix}C^{10}H^6\\C^{10}H^6\end{matrix}\right\rangle CH.$$

4. Différenciation du formol et de l'acide glyoxylique. — Le formol, traité par du chlorhydrate de phénylhydrazine, puis du ferricyanure de K et de l'acide chlorhydrique concentré, développe une belle réaction rouge, très sensible, découverte par Schryver ([1]). Lorsqu'on eut constaté que des extraits de feuilles vertes donnent cette réaction colorée, on crut avoir démontré enfin, avec la présence si souvent cherchée et discutée du formol dans les plantes, l'exactitude de la célèbre hypothèse de Baeyer sur l'assimilation chlorophyllienne du carbone. Mais la réaction de Schryver n'est pas spécifique du formol, elle appartient aussi à l'acide glyoxylique (R. Fosse et A. Hieulle) ([2]). Les végétaux qui la produisent contiennent

([1]) G. Bertrand et P. Thomas, *Manipulations de chimie biologique*, 2e édition, 1919, p. 441.

([2]) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 637.

de l'acide glyoxylique formé par hydrolyse d'un principe végétal, découvert par l'un de nous (¹), l'acide allantoïque.

L'acide glyoxylique et le formol produisent encore d'autres réactions colorées qui leur sont communes, en milieu sulfurique ou chlorhydrique concentré (Voisenet) (²). L'acide glyoxylique, le naphtol B et l'acide chlorhydrique sont-ils susceptibles d'engendrer le dinaphtolméthane dans les conditions de nos expériences?

Action de l'acide glyoxylique sur le naphtol B. — L'acide glyoxylique se combine aussi à ce phénol, mais bien plus lentement et difficilement que le formol. Lorsqu'on maintient à l'ébullition, au reflux, ou au bain d'eau à 100°, de l'acide chlorhydrique dilué à 1/10ᵉ, contenant 2/1000ᵉ de naphtol et de l'acide glyoxylique, pris sous la forme de son sel de calcium pur à l'analyse, on obtient une matière différente du dinaphtolméthane. Ce corps, dont nous poursuivons l'étude, se dépose de sa solution benzénique, sous la forme de cristaux lenticulaires caractéristiques, fondant à 215° en un liquide coloré. Le dinaphtolméthane cristallise du même solvant en aiguilles groupées, fondant avec décomposition de 191° à 195°.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur la campagne de la* Tunisie. Note (³) de M. Georges Claude.

J'ai l'honneur de complét r ma Note du 18 mars (⁴), par quelques observations utiles pour l'avenir faites dans la campagne de la *Tunisie*.

Les premières concernent l'établissement de deux corps morts au lieu choisi pour l'immersion du tube, soit par 660ᵐ de fond, puis le mouillage de la *Tunisie* et de ses auxiliaires sur ces corps morts.

Ceux-ci étaient constitués par des cylindres en tôle soudée de 3ᵐᵐ,5, D = 1ᵐ,50, H = 3ᵐ,50, la grande hauteur permettant une grande émersion, environ 1ᵐ,50, et une bonne visibilité. De fait, ces bouées, peintes en rouge, étaient visibles par temps clair à 2 milles à l'œil nu : il a toujours été facile de les retrouver.

Pour les ancrer, j'ai employé pour chacune un câble d'acier de 32ᵐᵐ et 800ᵐ de long, terminé par une paire d'ancres de 3 tonnes environ chacune. La première bouée ayant été mise à l'eau, l'opération a été facilitée par des barriques vides que je faisais attacher

(¹) R. Fosse, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 175 et 869; **183**, 1926, p. 1114.
(²) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, **23**, 1918, p. 368.
(³) Séance du 15 avril 1935.
(⁴) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 993.

au câble tous les 40^m environ, à mesure que la *Tunisie* s'éloignait de la bouée flottante; le câble ainsi déroulé en surface, les attaches des deux ancres suspendues hors de la *Tunisie* ont été coupées.

La mise en place du second corps mort a été aussi simple; toutefois, j'avais compté que ses ancres toucheraient le fond à peu près à mi-distance entre leur propre position lors de leur libération et celle de la bouée. Or, celle-ci bougea très peu, en raison de son freinage, à l'appel des ancres. De ce fait, les deux corps morts se trouvèrent beaucoup trop proches, 200^m environ, pour y amarrer sans risques deux files de bateaux. Il fallut déplacer le second de près de 1^{km}; malgré les 660^m de fond et les 8 tonnes de câble et d'ancres, l'opération fut aussi très facile : le câble d'amarrage du corps mort, saisi assez bas par un appareil à mâchoire automatique *ad hoc* fixé à un câble auxiliaire, fut amené à la verticale par la poupée du guindeau, et les ancres cédèrent facilement à la traction du bateau mis en marche.

La *Tunisie* s'est amarrée plusieurs fois au premier de ces corps morts, en particulier du 9 au 13 novembre, avec des périodes assez agitées. Malgré ses hautes superstructures, ses efforts sur la bouée, mesurés au dynamomètre, n'ont jamais dépassé 5 tonnes par vent de 7 à 8 m/s et courant de plus de 0,7 n., constatation encourageante pour l'amarrage ultérieur sur le flotteur.

Sans doute la facilité de ces mouillages en haute mer et par fond de 600^m à 1000^m est-elle connue des spécialistes : peut-être n'en a-t-on pas tiré tout le parti possible. Il paraît, d'après cela, facile et peu coûteux de créer en plein Océan des stations fixes sur petits bateaux, dont les observations seraient précieuses. Pendant mes travaux, le Service Météorologique du Brésil, ne possédant aucun élément d'information au sud et au sud-est de Rio, ne pouvait m'avertir des mauvais temps et houles surgis de ces directions. Si quelques stations fixes en mer avaient existé, cette inquiétude eût été diminuée. Pour cette raison, et aussi en gage de gratitude, j'ai fait don de mes deux bouées au Service Météorologique, dans l'espoir qu'elles permettront d'expérimenter des stations de cette sorte.

Dans ces mouillages au large, nous avons fait d'utiles observations. D'abord sur la température sous-marine, prise avec deux thermomètres à renversement dont les indications simultanées ne différaient jamais de plus de $0^\circ,1$; ils étaient placés à 8^m au-dessus du plomb de sonde, dont les touches au fond, du fait des mouvements du bateau, étaient signalées par les mouvements brusques d'un poids à crochet suspendu pendant la mesure à une partie horizontale du fil de sonde. C'est dans ces conditions précises que j'ai noté de grosses variations de la température à cette profondeur de 660^m; pendant notre station de 4 jours, elle a varié entre $5^\circ,9$ et $7^\circ,7$, dans des conditions telles que deux observations faites *à une heure d'intervalle* différaient parfois de *un degré*. Je regrette de n'avoir pu systématiser ces observations pour trouver la cause de ces curieuses variations. J'admettrai provisoirement, plutôt pour provoquer des suggestions, qu'elles sont dues à une sorte de houle des couches sous-marines.

Pendant ces mesures au point fixe, le fil de sonde, malgré sa ténuité ($0^{mm},7$) comparée au poids du plomb de sonde (10^{kg}), était fortement déporté dès que le courant superficiel avait une vitesse notable (0,5 à 1 nœud); il restait au contraire bien vertical quand ce courant superficiel était nul. Ceci paraît confirmer, en accord avec

nos mesures à l'appareil Idrac au sud de Cuba, cas défavorable, que les courants sous-marins en haute mer sont très faibles, condition essentielle pour l'existence d'un tube sous-marin. Je reconnais que l'hypothèse ci-dessus d'une houle sous-marine, même à très longue période, ne s'accorde pas très bien avec cette conclusion.

J'en viens à l'immersion du tube. On a vu que, même au cas d'une mer agitée survenant en pleine pose, mes essais atténuent la crainte d'oscillations angulaires accentuées du flotteur, qui seraient fatales. Le moment d'inertie de celui-ci doit être à cet égard aussi grand que possible : quand la sphère a été mise à l'eau, elle oscillait beaucoup aux moindres mouvements de la mer; ces oscillations se sont atténuées énormément dès qu'on a installé le monte-charge. Quant à ses mouvements verticaux, qui atteignaient 2^m au moment de l'immersion, ils se seraient atténués à mesure de l'allongement du tube, en raison du frottement croissant, mais en provoquant naturellement dans celui-ci des efforts nécessitant une construction solide. A cet égard, un assemblage par rivets serait préférable à la soudure, un seul défaut dans la longueur du tube pouvant amener une catastrophe. Néanmoins, la houle est une difficulté sérieuse, au moins pendant l'immersion, puisqu'après celle-ci, le flotteur doit être fortement immergé; j'ai noté, de son fait, certains phénomènes de la nature de la résonance : par exemple, l'amplitude de certains mouvements de l'eau dans le puits central du flotteur sphérique dépassait beaucoup la hauteur de la houle. Serait naturellement à éviter toute liaison capable de se détendre et de se retendre brutalement : à cet égard, la suspension du caisson d'amarrage par une chaîne non susceptible d'allongement était une erreur, qui a causé sa perte.

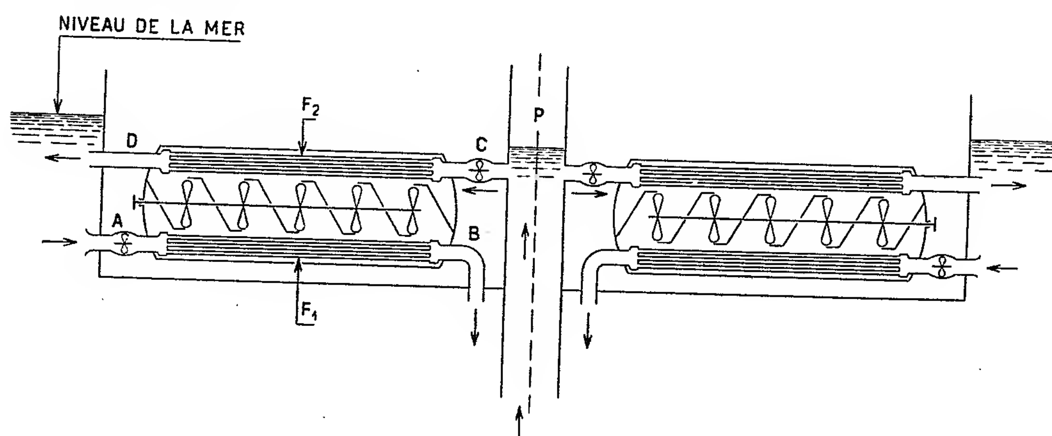
Le tube était en tôle ordinaire, comme suite de ma remarque à Cuba que, loin de la surface de la mer, elle s'attaque *très lentement*, sans doute par manque d'oxygène. Bien entendu, ni la liaison amovible prévue entre le puits central du bateau et le tube sous-marin, ni l'amarrage souple du bateau sur le flotteur sphérique n'ont pu être essayés.

Je dois observer que cette solution compliquée d'un tube suspendu à un flotteur, avec ses conséquences, n'était dans ma pensée que la conséquence de la petitesse de l'installation et de l'obligation corrélative d'abandonner le tube par gros temps. Elle serait inutile pour une grosse installation (île flottante en région à houle très faible comme la baie de Port-au-Prince, ou île genre Armstrong). Le tube serait alors solidaire de l'île avec une liaison légèrement élastique; au lieu de le fixer au fond, c'est l'île qui serait amarrée, chose aisée d'après ce qui précède. D'après notre expérience, l'immersion du tube par un puits central d'une telle plate-forme serait très facile. Un tube de 16^m de diamètre alimenterait sans doute 200000 kW pour une vitesse de l'eau de 1,30 m/s, bien qu'il y ait sur cette vitesse une incertitude que j'espérais dissiper. Un tube beaucoup plus gros en toile imperméable tendu sur câbles verticaux fortement chargés pourrait aussi être envisagé.

J'espérais également me documenter sur les volumes nécessaires aux chambres de vaporisation et de condensation, la puissance d'une installation et son prix unitaire en

dépendant directement. Les volumes affectés à l'Usine de la *Tunisie* (¹) résultaient des constatations d'Ougrée et de Cuba, où la viscosité de l'eau de mer et la production des mousses ne nous ont pas gênés. C'est d'après cela que j'avais estimé la puissance de l'usine de la *Tunisie* à 2200 et 1800 kW bruts et nets, avec 22° d'écart. Je rappelle qu'en séparant les prix de l'usine frigorifique et de l'usine de force motrice, j'avais évalué la part de cette dernière, *au chantier de construction*, à 5,5 millions (cas d'un bateau désarmé). Il y a eu dépassement de dépenses, mais frais d'études et tâtonnements en excès : on peut admettre 6,5 millions, soit 3600^{fr} par kilowatt net pour cette très petite unité : si les essais l'avaient confirmé, ce chiffre permettrait d'espérer moins de 2000^{fr} pour les grosses usines à plate-forme spéciale marchant toute l'année.

On sait que mon projet comportait l'utilisation de l'énergie produite pour fabriquer de la glace avec un rendement exceptionnel, grâce à l'eau



froide du fond. On devait y employer l'eau distillée produite dans les condenseurs à surface d'une partie de l'usine. Ceci aurait permis de comparer un groupe à condenseurs par mélange et un groupe à condenseurs par surface et de peser ainsi les avantages et inconvénients de deux modes de réalisation bien distincts du procédé Claude-Boucherot : *a*, utilisation *directe* de l'eau chaude et froide amenées par tube barométriques dans l'enceinte; *b*, utilisation *indirecte* par l'intermédiaire de bouilleurs à tubes et de condenseurs à surface. Le second mode exige d'énormes et très coûteuses surfaces tubulaires mais il conduit à une formule d'usine très simple : une même masse d'eau évolue entre les faisceaux tubulaires d'ébullition F_1 placés au bas de l'enceinte, et de condensation F_2, placés en haut, faisceaux parcourus par l'eau en sens inverses (écart de T constant); la

(¹) Voir *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 329.

vapeur allant de bas en haut actionne les turbines à axe horizontal commun; l'eau condensée retombe automatiquement sur F_1 par des artifices capables de maintenir *mouillé* tout le faisceau F_1 en évitant toute couche d'eau qui empêcherait l'ébullition sous ces pressions microscopiques; il n'y a plus ni gaz dissous à enlever, ni tubes barométriques, ni superstructures gênantes, les faisceaux pouvant être placés dans la coque. On pourrait installer sur une île flottante N de ces enceintes, rayonnant autour d'un puits central d'eau froide P.

Pour de grosses usines, j'inclinerais vers ce type si l'on pouvait arriver, cela ne paraît pas impossible, à des conditions telles que cette formule soit économiquement équivalente à l'autre.

MYCOLOGIE. — *La Spore des Harpellacées* (Léger et Duboscq), *Champignons parasites des Insectes*. Note (¹) de M. **Louis Léger** et de Mlle **Marcelle Gauthier**.

Nous avons fait connaître (²) la présence, dans le tube digestif de diverses larves aquatiques d'Insectes, de singuliers Entophytes que nous avons rapprochés du genre *Harpella* signalé antérieurement par Léger et Duboscq (³) dans les larves de Simulies et pour lequel ces auteurs ont créé la famille des Harpellacées.

Nous en avons distingué jusqu'ici cinq genres : *Stachylina*, *Opuntiella*, *Genistella*, *Stipella*, *Orphella*. Ces genres, dont la description complète sera donnée prochainement en y ajoutant de nouvelles formes, présentent un ensemble de traits communs et caractéristiques attestant leur affinité et leur étroite parenté avec *Harpella*. Tous vivent fixés sur la membrane péritrophique ou la cuticule rectale de leur hôte par un appareil adhésif différencié; chez tous, axes et rameaux sont formés d'un tube protoplasmique à noyaux espacés qui se cloisonne par la suite en une file de cellules. Tous enfin donnent naissance, à l'extrémité de l'axe ou des rameaux, à des éléments reproducteurs exogènes à paroi résistante que nous avons désignés d'abord, avec Léger et Duboscq, sous le nom de conidies, mais que nous appellerons désormais tout simplement des spores, terme qui, sans préjuger

(¹) Séance du 15 avril 1935.
(²) L. Léger et Mlle M. Gauthier, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2262.
(³) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 951.

de leur cytogénèse, peut s'appliquer chez les Cryptogames à tout élément reproducteur pourvu d'une paroi protectrice comme c'est le cas ici.

Dans tous les représentants de ce groupe, ces spores, toujours exogènes, uninucléées, sont à paroi épaisse, transparente et réfringente et d'assez grande taille (en moyenne de 30 à 50^{μ}). Elles sont disposées en épis terminaux ordinairement unilatéraux, et leur développement est d'autant plus avancé qu'elles sont plus proches du sommet.

La forme de ces spores varie avec les genres. La spore ovoïde allongée et plus ou moins renflée est le type le plus fréquent (*Stachylina*, *Genistella*). La forme tubuleuse, rectiligne ou légèrement incurvée s'observe dans les genres *Stipella* et *Typhella* (nov. gen.). La forme arquée en banane se trouve dans le genre *Orphella* et la forme en croissant parfois complètement enroulé dans le genre *Harpella*.

Une étude attentive de ces spores et de leur formation nous a montré une particularité des plus inattendues. Au moment où, mûres, elles se détachent de l'axe, elles sont munies à leur pôle d'insertion d'un ou plusieurs filaments d'une longueur surprenante qui, tout d'abord enroulés en hélice, se déroulent lentement après leur mise en liberté, puis semblent immobiles ou tout au moins ne montrent plus de mouvements propres dans l'eau ou le liquide physiologique.

Ainsi, dans le genre *Stachylina*, le plus simple de tous, dont le thalle rectiligne et jamais rameux donne naissance à un épi unilatéral de spores, celles-ci, en se détachant, montrent un seul filament ondulé, atteignant plus de 3 fois leur longueur. Chez *Genistella ramosa* les spores qui naissent en épis au sommet de nombreux rameaux, se détachent en emportant deux longs filaments ondulés, divergents, dépassant 6 fois leur longueur. Chez *Harpella* les spores arquées ou enroulées montrent, dès qu'elles sont détachées, quatre longs filaments divergents pouvant atteindre jusqu'à 200^{μ}. Chez *Typhella*, un genre nouveau des larves de Chironomides que nous décrirons prochainement, la spore tubuleuse ou à peine renflée, de 38^{μ} sur 5^{μ} montre à son pôle d'insertion un filament unique au moins 5 fois plus long qu'elle, enroulé en hélice et naissant du fond d'une cloche hyaline, reste du prolongement de la cellule qui lui a donné naissance [1].

Ces filaments sont d'une grande délicatesse, souvent fort difficiles à

---

(1) Le genre *Dixidium* décrit par Poisson dans les larves de *Dixa* (*Ann. de Paras.*, 10, n° 5, 1932, p. 435) n'est pas sans analogie avec notre genre *Genistella*. Il serait intéressant de voir si, à l'état de maturité, ses spores sont munies d'appendices.

mettre en évidence et vont en s'amincissant au point qu'il est impossible de les suivre jusqu'à leur extrémité, même aux plus forts grossissements. Ils apparaissent dans la cellule sporogène autour d'une vacuole en avant de laquelle ils dessinent une spire élégante à nombreux tours parallèles à l'approche de la maturité. Lorsque la spore se détache, ils se déroulent peu à peu en décrivant des spires plus larges, puis des ondulations de plus en plus allongées et même deviennent presque rectilignes (*Harpella*). La plupart des spores que l'on trouve libres dans l'intestin de l'hôte ne montrent plus de filaments, ce qui laisse à penser que ce sont des formations caduques qui doivent se détacher très rapidement.

Sans préjuger en rien du rôle de ces curieux appendices (dissémination, rétention ?) dont nous ne connaissons pas d'autre exemple dans les spores de champignons, nous retiendrons que leur présence ajoute encore à l'homogénéité et à la singularité du groupe des Harpellacées qui, d'autre part, n'est pas à reléguer dans les *Fungi imperfecti* puisque nous avons déjà fait connaître (*loc. cit.*) la reproduction sexuée et les zygospores chez plusieurs de ses représentants.

CORRESPONDANCE.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les erreurs de la première et de la seconde catégorie dans la vérification des hypothèses concernant la loi de Poisson.* Note [1] de MM. **J. Przyborowski** et **H. Wileński.**

Considérons une loi élémentaire des probabilités $p(\Sigma)$; $\Sigma(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ indique un point de l'espace n dimensionnel, qui représente le fait observé.

La théorie de la vraisemblance des hypothèses [2] distingue des hypothèses simples h [$p(\Sigma)$ est spécifié par h] et des hypothèses composées H [$p(\Sigma)$ n'est pas complètement spécifié par H]. Chaque hypothèse composée comprend une classe d'hypothèses simples.

Cette théorie examine [1] deux catégories d'erreurs :

(I) les erreurs commises en rejetant une hypothèse vraie;

(II) les erreurs commises en acceptant une hypothèse fausse.

---

[1] Séance du 8 avril 1935.

[2] J. Neyman et E. S. Pearson, *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 29, Part 4, 1933, p. 492-510.

Il est possible de contrôler les erreurs en question au moyen d'une région critique (*loc. cit.*); on rejette l'hypothèse considérée toutes les fois que le point représentant le fait observé tombe dans cette région.

Cette Note se propose d'établir les bornes supérieures des probabilités des erreurs (I) et (II) dans le cas où le fait observé obéit à la loi de Poisson

$$p(x) = e^{-m}\frac{m^x}{x!}.$$

En généralisant la condition [1]

$$p_0(\Sigma) \leqq \text{const.}\, p_k(\Sigma)$$

[($p_0(\Sigma)$ indique la loi de la probabilité en admettant l'hypothèse simple $h_0(m=m_0)$; $p_k(\Sigma)$ indique la loi de la probabilité en admettant une hypothèse simple alternative $h_k(m=m_k)$] qui détermine la région critique et en l'appliquant aux cas d'une variable non continue, cette région s'exprimera comme suit pour la loi de Poisson :

1° dans le cas d'une hypothèse alternative $h_i(m=m_i)$, $m_i < m_0$, par $x \leqq a$ (a étant une constante);

2° dans le cas d'une hypothèse alternative $h_s(m=m_s)$, $m_s > m_0$, par $x \geqq a$.

Nous ne tenons compte que du premier cas; quant au second nous pouvons le traiter d'une façon analogue.

La borne supérieure des probabilités [1] des erreurs (I) commises en rejetant une hypothèse simple $h_0(m=m_0)$, lorsque l'hypothèse alternative est $h_i(m=m_i)$, $m_i < m_0$, est égale à

$$\mathfrak{P}\{x \leqq a[h_0]\} = \sum_{x \leqq a} e^{-m_0}\frac{m_0^x}{x!}.$$

La borne supérieure des probabilités des erreurs (II) commises en acceptant une hypothèse simple $h_0(m=m_0)$, dans le cas où une hypothèse alternative $h_i(m=m_i)$, $m_i < m_0$ est vraie, est égale à

$$\mathfrak{P}\{x > a[h_i]\} = \sum_{x > a} e^{-m_i}\frac{m_i^x}{x!}.$$

Considérons maintenant les hypothèses composées $\mathrm{H}(m > \hat{m})$ et $\mathrm{H}(m \leqq \hat{m})$ qui admettent pour m les valeurs des classes $m > \hat{m}$ et $m \leqq \hat{m}$.

---

(1) J. NEYMAN et E. S. PEARSON, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, series A, 231, 1933, p. 289-337.

Sachant que $\int_{-\infty}^{+\infty} d\mathfrak{P}\{m\} = 1$, où $\mathfrak{P}\{m\}$ est la loi totale inconnue des probabilités *a priori* des hypothèses, il est facile de démontrer les deux théorèmes suivants :

THÉORÈME I. — *La borne supérieure des probabilités des erreurs* (I) *commises en rejetant une hypothèse composée* $H(m > m_0)$ *est égale à la borne supérieure des probabilités des erreurs qu'on commet en rejetant l'hypothèse simple* $h_0(m = m_0)$.

THÉORÈME II. — *La borne supérieure des probabilités des erreurs* (II) *commises en acceptant une hypothèse simple, comprise dans* $H(m > m_i)$, *quand l'hypothèse composée* $H(m \leq m_i)$ *est vraie, est égale à la borne supérieure des probabilités des erreurs* (II) *qu'on commet en acceptant une hypothèse simple comprise dans* $H(m > m_i)$, *quand l'hypothèse simple* $h_i(m = m_i)$ *est vraie.*

Il résulte de l'équation

$$\left[\sum_{x \leq a} e^{-m} \frac{m^x}{x!}\right]_{\beta}^{\alpha} = \int_{\alpha}^{\beta} e^{-m} \frac{m^a}{a!} dm,$$

qu'on peut calculer les bornes supérieures des probabilités des erreurs (I) et (II) d'après les tables des fonctions incomplètes Γ.

GÉOMÉTRIE. — *Les transformations par polaires réciproques dans la géométrie de Finsler.* Note (¹) de M. **Stanislas Golab**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit donné dans le plan euclidien des points (x, y) une conique $(\mathcal{D})$. $\mathcal{C}$ étant une courbe arbitraire de notre plan, le passage de $\mathcal{C}$ à la courbe $\bar{\mathcal{C}}$, définie comme l'enveloppe des polaires des points de $\mathcal{C}$ [par rapport à $(\mathcal{D})$], constitue la transformation par polaires réciproques.

Soit $(\mathcal{D})$ une conique directrice non dégénérée ayant son centre dans l'origine des coordonnées $\mathcal{O}$. La courbe $\mathcal{C}$ soit donnée au moyen de la représentation paramétrique

$$x = x(t), \qquad y = y(t),$$

(¹) Séance du 15 avril 1935.

où t est un paramètre arbitraire. Construisons l'expression

(2) $$\mathcal{K}(t)=\frac{x'(t)y''(t)-y'(t)x''(t)}{x(t)y'(t)-y(t)x'(t)},$$

et écrivons la courbe $\overline{\mathcal{C}}$ transformée de $\mathcal{C}$ par polaires réciproques sous forme paramétrique

(3) $$x=\overline{x}(t), \qquad y=\overline{y}(t),$$

où le point qui correspond à la valeur t du paramètre est justement celui par lequel passe la polaire correspondant au point $[x(t), y(t)]$.

Alors il subsiste la relation

(4) $$\overline{\mathcal{K}}(t)\equiv\mathcal{K}(t),$$

où nous avons posé

(5) $$\overline{\mathcal{K}}(t)=\frac{\overline{x}'(t)\overline{y}''(t)-\overline{y}'(t)\overline{x}''(t)}{\overline{x}(t)\overline{y}'(t)-\overline{y}(t)\overline{x}'(t)};$$

c'est-à-dire $\mathcal{K}(t)$ *est un invariant par rapport aux transformations par polaires réciproques* (¹).

Nous appliquerons ce résultat à la métrique angulaire des espaces de Finsler (²).

v_1, v_2 étant deux vecteurs d'un espace de Finsler à deux dimensions on peut, comme l'a remarqué M. Radon (³), exprimer la mesure au sens de M. Landsberg (⁴) de l'angle de ces deux vecteurs par l'intermédiaire de l'intégrale

(6) $$\varphi=\int_{t_1}^{t_2}\sqrt{\frac{x'(t)y''(t)-y'(t)x''(t)}{x(t)y'(t)-y(t)x'(t)}}\,dt,$$

où $x=x(t)$, $y=y(t)$ est une représentation paramétrique arbitraire de l'indicatrice $\mathcal{J}$ (⁵) appartenant à l'origine commune $\mathfrak{T}$ des vecteurs v_1, v_2.

(¹) L'expression $\sqrt{\mathcal{K}(t)}\,dt$, invariante par les changements de paramètre et par les transformations centro-affines, peut être introduite comme élément d'arc dans la géométrie centro-affine (voir P. Delens, *Ac. Roy. de Belgique*, 20, 1934, p. 30 à 38).

(²) *Ueber Kurven und Flächen in allgemeinen Räumen* (*Dissertation Göttingen*, 1918, p. 1-120). Cf. E. Cartan, *Les espaces de Finsler* (*Exposés de Géométrie*, 79, 1934).

(³) *Jahresb. d. deutschen Mathem.-Vereinigung*, 1-4, Heft, 2 Abt., 44, 1934, p. 20.

(⁴) *Math. Annalen*, 65, 1908, p. 313-349.

(⁵) Cf. P. Delens, *La métrique angulaire des espaces de Finsler et la Géométrie différentielle projective* (*Exposés de Géométrie*, 80, 1934).

De là il résulte que *si les indicatrices de deux points d'un même espace ou de deux espaces se correspondent par l'intermédiaire d'une transformation par polaires réciproques, alors on peut établir entre les voisinages de ces deux points une correspondance qui est conforme au point $\mathfrak{P}$, c'est-à-dire conserve les angles entre des vecteurs correspondants.*

Le théorème énoncé est bien entendu non trivial seulement dans le cas des géométries non riemanniennes. En effet, dans les géométries de Riemann l'indicatrice I est une ellipse centrique à laquelle correspond par l'intermédiaire de la transformation par polaires réciproques une ellipse centrique $\bar{\mathfrak{J}}$. Or, $\bar{\mathfrak{J}}$ se déduit de $\mathfrak{J}$ par une transformation affine laissant le point $\mathfrak{P}$ immobile et cette transformation ne change pas la métrique angulaire au point $\mathfrak{P}$ (1).

GÉODÉSIE. — *Interprétation des observations de l'intensité de la pesanteur effectuées au centre de la Chine.* Note (2) de MM. **Pierre Lejay** et **Tsang Hung-Chi**, présentée par M. Georges Perrier.

Nous avons donné (3) les résultats bruts de 65 déterminations de l'intensité de la pesanteur effectuées par nous dans le centre de la Chine.

Ces nouvelles déterminations, jointes aux valeurs publiées précédemment (4), nous permettent de dessiner l'allure générale des isanomales sur une très grande partie du territoire chinois.

Comme les mesures exécutées au nord du Fleuve Jaune et le long de la côte sud nous l'avaient fait pressentir, les isanomales suivent avec une grande fidélité la configuration topographique superficielle : dans la vaste plaine qui borde la mer, de Peiping au Yang Tse Kiang, comme dans la basse vallée de ce fleuve, les anomalies négatives sont faibles, augmentant assez régulièrement en valeur absolue vers l'Ouest. Au Sud du fleuve, le puissant massif montagneux du Foukien, du Tchékiang et du Kiansi, forme une région d'anomalies négatives qui doivent être considérables si nous en jugeons par les valeurs que nous avons trouvées sur tout son pourtour, seul accessible pour le moment.

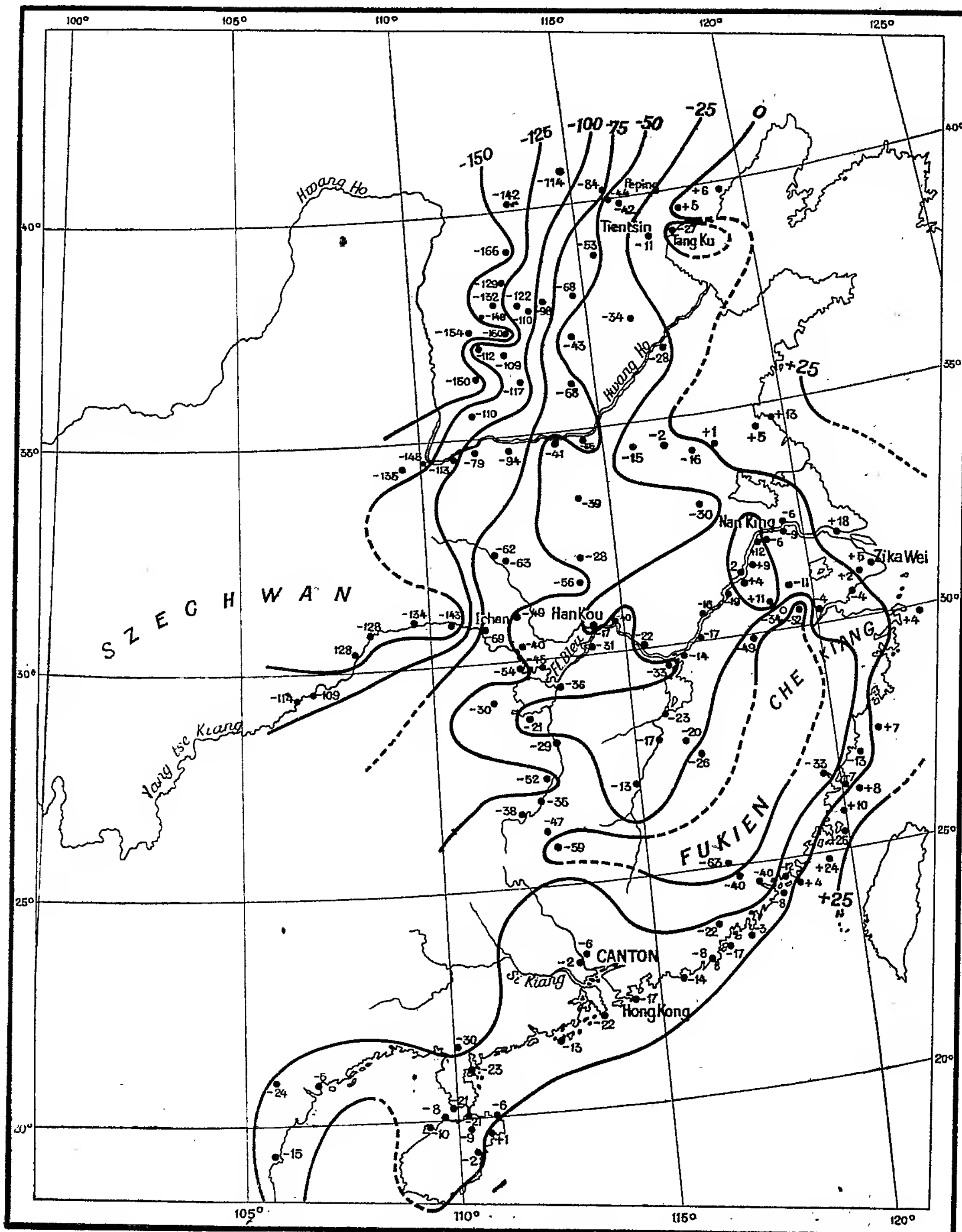
---

(1) Cf. P. Delens, *loc. cit.*

(2) Séance du 15 avril 1935.

(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1181.

(4) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1215 et 199, 1934, p. 1589.


SZECHWAN
CHE KIANG
FUKIEN
Pepino
Tientsin
Tang Ku
Nan King
Zika Wei
Hankou
Ichen
CANTON
Hong Kong
Hwang Ho
Yang tse Kiang
Si Kiang
Fl. Bleu

Dans la région du haut Yang Tse, les anomalies croissent brusquement entre I Chang (—69), la dernière station de plaine, et Ié-Tan (—143), dont l'altitude est encore faible mais qui est dominé de toutes parts par de hauts sommets entre lesquels le fleuve coule en rapides. Plus à l'Ouest dans le Zse-Chwan, les anomalies diminuent légèrement, au fur et à mesure que les massifs environnants s'abaissent.

Parmi les zones d'anomalies intéressantes qui mériteraient d'être reprises en détail, signalons : la zone d'anomalies faiblement positives de la région de Nankin (gisements métallifères), la région sud de la province du Hou-Nan (gisements de houille et d'antimoine) et les embouchures du Si Kiang (Canton) et du Pei Ho (Tientsin, Tankou), que nous avons signalées dans nos Notes précédentes.

Nous donnons sur la carte les isanomales obtenues en prenant les valeurs de la gravité normale dans les Tables de Cassinis.

Aucune correction topographique n'a été faite.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur des erreurs d'interprétations dans les diagrammes électroniques de substances organiques.* Note (¹) de MM. **Jean-J. Trillat** et **Hans Motz**, transmise par M. Maurice de Broglie.

Nous avons montré (²) qu'à moins de précautions extrêmement minutieuses, des films ou des surfaces métalliques se recouvraient spontanément, après des temps variables, d'une couche très mince constituée de molécules orientées du type aliphatique; cette couche donne lieu à des diagrammes électroniques parfois intenses (anneaux ou taches régulièrement disposées).

On sait d'autre part que les nombreuses études effectuées au moyen de l'analyse électronique sur la structure de films minces de composés formés de chaînes de valences principales (nitro et acétylcellulose, celluloïd, polyoxyméthylène, polystyrols, caoutchouc, etc.) ont montré que la plupart de ces substances paraissaient cristalliser en un temps très court, donnant lieu à de magnifiques diagrammes électroniques dont les reproductions ont paru dans de nombreuses revues (Dauvillier, Kirchner, Taylor Jones, Trillat, Natta).

Malheureusement, les calculs relatifs à ces clichés donnent des résultats qui ne concordent pas avec ceux fournis par les rayons X, particulièrement

(¹) Séance du 15 avril 1935.

(²) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1306.

en ce qui concerne la période suivant l'axe de fibre. De plus, tous ces diagrammes sont *pratiquement identiques*, ce qui est difficilement compatible avec la diversité des substances étudiées. De semblables anomalies ont été observées très fréquemment, et même pour des composés minéraux, ce qui rend le phénomène très général; ces anomalies constituent d'ailleurs la règle pour les polymères organiques envisagés ici.

Ces observations nous avaient amené à formuler des réserves sur l'interprétation des résultats que nous avions obtenus par cette méthode, pour la nitrocellulose, l'acétylcellulose et les esters cellulosiques ([1]). Non seulement, en effet, les diagrammes électroniques de ces dérivés cellulosiques sont identiques entre eux, mais de plus ils sont aussi identiques aux diagrammes fournis par des couches minces de corps gras, formées artificiellement ou naturellement sur des métaux, ou encore obtenues à l'état de films isolés sur de l'eau.

Deux expériences fondamentales ont confirmé ces doutes : 1° Si on laisse passer le faisceau électronique durant un certain temps, en un point d'un film de nitro ou d'acétylcellulose donnant lieu à une diffraction électronique attribuable à une cristallisation, on constate que les interférences disparaissent progressivement par effet thermique; on n'observe plus finalement qu'un diagramme de halos, correspondant à une structure amorphe. 2° Si on lave le film cellulosique avec de l'éther ou de la benzine, le diagramme cristallin initial disparaît complètement. En revanche, il apparaît en certains points un nouveau diagramme qui semble être réellement celui du composé cellulosique en question, ainsi que le montre le calcul des distances réticulaires.

Ces expériences prouvent qu'il s'agit, dans toutes les interférences électroniques de ce type, d'une couche très mince de corps gras constituée de molécules aliphatiques remarquablement orientées et disposées d'une façon parfaitement régulière ([2]). Les électrons sont, en presque totalité, diffractés par cette couche, de sorte que les interférences observées ne peuvent pas, comme on l'avait cru jusqu'ici, être attribuées au composé polymérisé formant le film proprement dit. Il y a donc lieu de prendre les plus grandes précautions lorsqu'on veut étudier par l'analyse électronique la structure de tels films; l'une des meilleures paraît être l'expérience n° 1.

On peut se demander qu'elle est l'origine de cette couche grasse, et pour

([1]) H. Mark et J.-J. Trillat, *Ergebn. d. Techn. Röntgenkunde*, 4, 1934, p. 69-74.
([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1306.

quelle raison elle paraît se former si facilement sur des films de trinitro ou triacétylcellulose.

a. L'origine n'a pu être décelée d'une façon précise; il est probable qu'elle provient de plusieurs causes accidentelles (impuretés contenues dans le solvant, contact des doigts avec le support métallique, corps gras contenus dans le nitro ou l'acétylcellulose). Ces causes ont été étudiées en détail dans un travail récent de G. Natta ([1]); cet auteur a précisé les conditions pour lesquelles on pouvait obtenir des diagrammes correspondant bien à la substance étudiée, et comparables aux diagrammes X.

Il est bon de rappeler à ce propos que nous avons également montré ([2]) que, dans certains cas, on pouvait obtenir directement, avec des films de caoutchouc, des interférences électroniques en excellent accord avec les données röntgenographiques.

b. On peut expliquer la facilité de formation de ces couches grasses sur des films de trinitro ou triacétylcellulose, si l'on se rappelle la tendance très marquée qu'ont les hydrocarbures saturés (molécules terminées par des CH^3) à s'étaler sur des surfaces *lisses* et *dépourvues d'oxhydriles*. Ces deux conditions sont parfaitement remplies pour les films de trinitro ou triacétylcellulose, tous les oxhydriles de la cellulose étant bloqués par les groupements estérifiants (NO^2) ou (CH^3-CO); au contraire, des films de dinitro ou diacétylcellulose auront leur surface partiellement tapissée de groupes oxhydriles non estérifiés. On constate expérimentalement (par l'analyse électronique) que ces derniers films ne se laissent pas recouvrir par des couches de corps gras, ou tout au moins que l'apparition et l'étalement de ceux-ci sont extrêmement lents, comparés au cas des films de triesters cellulosiques.

Ces observations montrent qu'il est nécessaire de reprendre la plupart des recherches électroniques sur la structure des composés polymérisés, en se plaçant dans des conditions rigoureuses éliminant la possibilité de formation de couches superficielles grasses.

Il est intéressant de remarquer que c'est précisément avec des films cellulosiques que G.-P. Thomson et A. Reid vérifièrent, pour la première fois avec des électrons rapides, les théories de la Mécanique ondulatoire : ceci fut rendu possible du fait que les auteurs mesurèrent simplement les variations du diamètre des anneaux de diffraction en fonction de la tension accélératrice, sans tenir compte de la structure du film diffractant.

([1]) *Gazz. Chim. Ital.*, 65, ii, 1935, p. 182-198.

([2]) J.-J. Trillat et H. Motz, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2147.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une nouvelle expérience d'électrolyse*. Note [1] de M. **Pierre Jolibois**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai montré [2] qu'on pouvait, au moyen d'électrodes en eau distillée, séparer dans un électrolyte l'acide de l'oxyde basique. Le but de la présente Note est de généraliser ce résultat et de l'étendre au cas d'une solution saline homogène.

Si l'on prend une solution de sulfate de cuivre répartie en deux vases communiquant entre eux au moyen d'un siphon renversé et si on l'électrolyse avec des électrodes de platine plongées dans chacun des vases, on constate le phénomène classique de dépôt de cuivre à la cathode.

On peut, en variant très légèrement le dispositif, obtenir un résultat tout différent avec la même solution. Il suffit de soulever à un millimètre environ de la surface du bain le fil de platine qui constitue la cathode et d'alimenter le circuit de l'électrolyse avec une source à haute tension continue. Dans ces conditions, il se produit une étincelle à la surface du bain et dans le liquide on obtient la précipitation d'*hydroxyde de cuivre*.

La même expérience exécutée avec du nitrate d'argent donne naissance à de l'*oxyde d'argent* et non à de l'argent métallique.

Le fil de platine de la cathode est porté au rouge pendant cette électrolyse et il est facile d'obtenir la fusion d'un fil de 5/10ᵉ de millimètre avec un courant de 20 milliampères environ. C'est là un type d'étincelle à forte chute cathodique dans laquelle existe un champ interne au voisinage de l'électrode. Il faut admettre qu'une grande partie de l'énergie y est transportée sous forme de corpuscules positifs qui frappent la cathode sous l'influence d'une différence de potentiel qui paraît à peu près indépendante de l'intensité et qui est de l'ordre de 350 volts.

Une telle expérience d'électrolyse ne peut s'interpréter que si l'on admet qu'au cours de l'électrolyse l'eau et le sel dissous subissent une décomposition parallèle.

Le dépôt de métal que l'on constate habituellement serait le résultat d'une action secondaire provenant du contact de l'hydrogène dégagé avec l'oxyde métallique qui se sépare en même temps. Le dispositif que j'ai

---

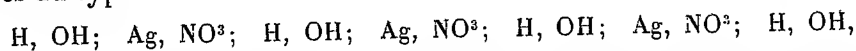
(1) Séance du 8 avril 1935.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 706.

décrit plus haut permettrait donc d'empêcher cette action secondaire. L'hydrogène dégagé sous forme d'ions chargés positivement est violemment arraché par le champ électrique à la surface du liquide et vient brûler contre la cathode, échappant ainsi à toute action secondaire. Il ne resterait de l'électrolyse que le dépôt d'oxyde.

En employant la représentation des ions on peut assez simplement expliquer le phénomène en supposant que lors de l'orientation des molécules polaires sous l'influence du champ électrique, les molécules du sel dissous sont intercalées entre les molécules d'eau. Il faut également admettre que l'eau joue dans l'électrolyse un rôle essentiel.

Si l'on suppose l'existence d'une chaîne de molécules orientées et intercalées du type


H, OH; Ag, NO^3; H, OH; Ag, NO^3; H, OH; Ag, NO^3; H, OH,

on voit apparaître immédiatement que les produits de l'électrolyse cathodique sont de l'hydrogène et de l'oxyde d'argent. Les décompositions de l'intérieur de cette chaîne reconstituent le nitrate d'argent qui reste donc inaltéré au cours de l'électrolyse, sauf au voisinage des électrodes.

Cette interprétation est à rapprocher de l'hypothèse admise aujourd'hui de l'hydratation des ions (¹) et surtout des cations que l'on suppose entourés d'une atmosphère de molécules d'eau.

TÉLÉVISION. — *La télévision cathodique à synchronisme automatique.* Note (²) de M. **René Barthelemy**, présentée par M. Paul Janet.

Je suis arrivé, au cours de l'année 1934, à résoudre d'une manière très simple, le problème de la synchronisation automatique, simultanée, des deux mouvements composant le déplacement du faisceau cathodique.

Le résultat global est le suivant : le fait d'appliquer sur le système la *tension de modulation* de télévision *entremêlée de signaux synchronisants appropriés*, fournit instantanément, sans réglage, l'image animée sur l'écran fluorescent, avec un cadrage rigoureusement fixe, quelles que soient la forme et l'intensité de la modulation.

Ce résultat est obtenu par une utilisation judicieuse des relais à gaz ionisés, dits thyratrons.

(¹) Darmois, *Bull. Soc. chim.*, 49, 1931, p. 349.

(²) Séance du 15 avril 1935.

Séparation des signaux et attaque du thyratron de lignes. — Supposons l'émission envoyée par fil ou par voie hertzienne et détectée par un récepteur. On retrouve, à la sortie de celui-ci, les oscillations entremêlées de la modulation de télévision et de la synchronisation. Il s'agit de fournir au thyratron qui commande la déviation des lignes de l'oscillographe récepteur uniquement les signaux de synchronisation. Deux moyens simultanés sont utilisés à cet effet :

a. Une lampe séparatrice, à polarisation *automatique* se règle *d'elle-même* au niveau de passage des oscillations de grande amplitude et supprime les oscillations plus faibles.

b. Une liaison par transformateur de faible impédance entre cette lampe et la grille de commande du thyratron de ligne, ce transformateur ne transmettant pas les impulsions au-dessous d'une certaine fréquence ou, plus exactement, au-dessous d'une certaine *raideur de front*.

On ajoute ainsi deux effets éliminateurs, basés sur l'amplitude et la brièveté du *top* par rapport à la modulation. La séparation obtenue est totale et ne dépend pas, dans de très larges limites, de la grandeur absolue des signaux d'entrée.

Commande du thyratron d'images. — Le moyen très simple, pour lever l'incertitude de phase et obtenir la stabilité d'image a consisté d'une part, à l'émission, dans la *suppression* du signal de synchronisation qui devrait être normalement expédié à la fin de *l'avant dernière ligne* d'analyse et, d'autre part, à la réception, dans un couplage approprié, du circuit de *décharge* du *thyratron* de *ligne* avec la grille du thyratron *d'image*.

Examinons l'effet produit à la réception :

1° *Sur le thyratron de ligne :* celui-ci n'étant pas déclenché, la tension sur le condensateur continue à croître; car la polarisation fixe est choisie, par sécurité, suffisante pour que le thyratron ne soit déclenché que par une oscillation de forte amplitude. Spécialement, dans le cas présent, on a prévu la polarisation fixe telle que l'anode puisse supporter, sans déclenchement, une tension au moins double de celle qui existe aux époques normales de déclenchement.

Donc la charge du condensateur croît et la décharge n'adviendra qu'avec le top suivant, c'est-à-dire celui qui est émis à la fin de la dernière ligne. A ce moment, la tension est sensiblement double et l'énergie emmagasinée quadruple.

On aura donc, à la décharge, une tension double, induite sur la grille du thyratron d'image, au moment de la fin d'image.

2° *Sur le thyratron d'image :* c'est cette surtension, et non la tension induite en fin de ligne, qui provoquera, après un temps très court d'établissement, le retour vertical du spot, c'est-à-dire le changement d'image.

On peut démontrer en effet que, dans le cas le plus défavorable, l'image se cadre elle-même en moins d'une demi-seconde.

Il suffit pour cela que l'inégalité suivante nullement critique, soit remplie :

$$UO - UI < UD < UO - 2UI,$$

en appelant :

UO la polarisation fixe du thyratron;
UI l'impulsion due à la décharge de fin de ligne;
UD la polarisation correspondant à la déviation utile.

Il est à remarquer que l'amplitude UI, du signal de ligne, ne dépend que *des constantes du récepteur* et non de l'émetteur.

3° *Sur l'oscillographe :* la suppression du top de la fin de l'avant-dernière ligne d'image implique évidemment l'impossibilité de vision sur la dernière ligne, ce qui n'a pas grande importance. Par contre, on y gagne un avantage indiscutable : c'est la suppression de la ligne de retour du spot qui, normalement, traverse l'écran récepteur et brouille l'image. En effet, la tension de ligne ayant crû jusqu'au double de sa valeur, le spot est rejeté très loin de l'écran fluorescent, et le trajet qu'il effectue pour revenir à la première ligne en haut est à peu près totalement en dehors de la partie utile.

Quant à la trace des signaux de synchronisation, elle est invisible sur l'image; en effet cette trace est très fine (1/100e de largeur de l'écran), elle est très exactement au bord de l'image et, comme elle est *noire*, elle se confond avec ce bord non éclairé par le spot.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la constitution des alliages antimoine-étain-zinc.* Note [1] de MM. **Robert Blondel** et **Paul Laffitte**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

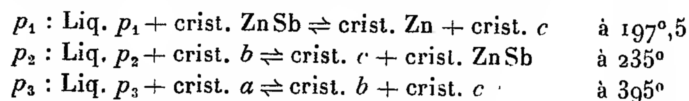
Envisageant la possibilité de l'utilisation comme antifrictions de certains alliages d'antimoine, étain et zinc, nous avons déterminé le diagramme d'équilibre du système ternaire Zn-Sn-Sb.

---

[1] Séance du 15 avril 1935.

L'analyse thermique a été effectuée à l'aide d'un appareil semi-automatique déjà décrit (1). Nous avons pris comme systèmes binaires de base : pour le système Sb-Zn celui de Takei (2); pour le système Sn-Zn celui de Lorenz et Plumbridge (3); pour le système Sb-Sn celui de Iwasé, Aoki et Ôsawa (4). Nous les avons vérifiés par analyse thermique et métallographie, et pour le système Sb-Sn par analyse thermique différentielle. Ces expériences nous ont conduits à admettre dans le système Sn-Zn une zone de solutions solides riches en étain (2,5 pour 100 Zn). Dans le système Sb-Sn nous avons confirmé la transformation allotropique que subit à 325° le composé Sb^2Sn^3 ($b_1 \rightleftharpoons b_2$) et déjà signalée par Iwasé (4).

L'analyse thermique du ternaire a été faite suivant des sections verticales parallèles au binaire Sn-Zn. De nombreux points supplémentaires, et l'emploi de l'analyse différentielle dans les cas difficiles ($b_1 \rightleftharpoons b_2$) permirent de préciser le diagramme. Celui-ci comporte 3 points péritectiques ternaires : p_1(Sb 0,5; Sn 91,5; Zn 8,0), p_2(Sb 8; Sn 91; Zn 1) et p_3(Sb 53; Sn 40; Zn 7) qui donnent lieu aux trois transformations :



p_1 : Liq. p_1 + crist. ZnSb $\rightleftharpoons$ crist. Zn + crist. c à 197°,5
p_2 : Liq. p_2 + crist. b $\rightleftharpoons$ crist. c + crist. ZnSb à 235°
p_3 : Liq. p_3 + crist. a $\rightleftharpoons$ crist. b + crist. c à 395°

Les cristaux a, b et c correspondent respectivement à la solution limite binaire à 95 pour 100 de Sb, la solution limite binaire à 42 pour 100 de Sb (composition voisine de Sb^2Sn^3) et au sommet γ' de la solution solide ternaire c riche en étain (5).

A gauche de $\gamma'D'$ nous n'avons trouvé que le point invariant p_1. C'est pourquoi nous avons dû admettre les décompositions de Zn^3Sb^2 et Zn^4Sb^3 suivant les réactions



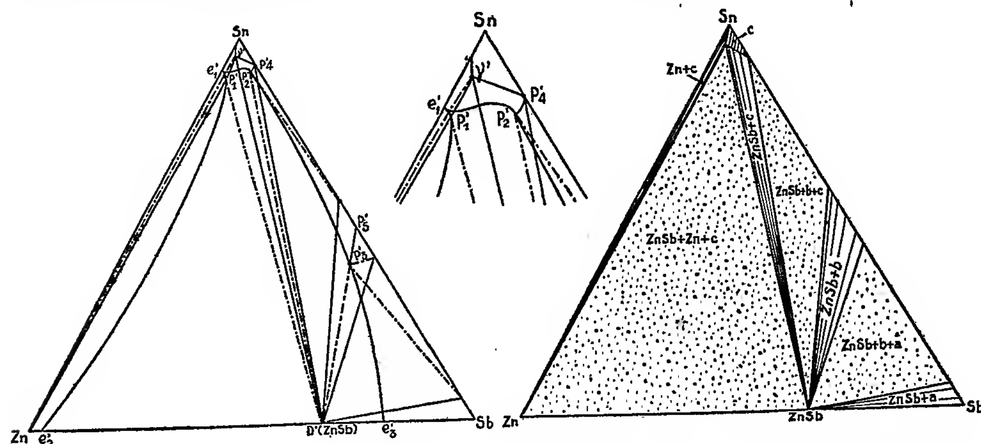
$$Zn^3Sb^2 \rightleftharpoons 2\,ZnSb + Zn; \qquad Zn^4Sb^3 \rightleftharpoons 3\,ZnSb + Zn.$$

Ces décompositions ont été mises en évidence par analyse thermique et par examen microscopique d'échantillons recuits.

La figure de droite donne la répartition des phases. Outre les régions à

(1) E. ELCHARDUS et P. LAFFITTE, *Bull. Soc. chim.*, 51, 1932, p. 1572.
(2) *Sc. Rep. Tohôku Imp. Univ.*, 16, 1927, p. 1031.
(3) *Z. anorg. Chem.*, 83, 1913, p. 228.
(4) *Sc. Rep. Tohôku Imp. Univ.*, 20, 1931, p. 353.
(5) Suivant l'usage nous avons désigné par des lettres primées les projections des points de l'espace sur le triangle de base.

trois constituants correspondant aux transformations péritectiques p_1, p_2 et p_3, nous avons mis en évidence par analyse thermique différentielle d'échantillons longuement recuits (10 jours) ainsi que par examen microscopique, des zones à deux constituants (Zn Sb + a; Zn Sb + b; Zn Sb + c), où l'analyse thermique ordinaire au refroidissement ne donnait que des résultats erronés par suite de faux équilibres persistants. D'autre part par analyse différentielle nous avons constaté que le péritectique p_1 a bien



une température de fusion (197°,5) supérieure à celle de l'eutectique binaire Sn-Zn très voisin (196°).

Enfin l'existence de la solution solide ternaire c, riche en étain a été mise en évidence par l'examen microscopique d'échantillons ayant subi un recuit prolongé (11 jours à 150°), ainsi que par mesure de la résistance électrique d'échantillons également recuits. Cette dernière méthode ainsi que l'étude de la densité, de la dureté et du coefficient de dilatation confirment les résultats de l'analyse thermique et semblent prouver que de tous les composés de Zn et Sb, seul Zn Sb joue un rôle dans le ternaire et est par conséquent le seul stable en présence d'étain.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'autoxydation des hydroxydes de fer, manganèse et cobalt.* Note (1) de MM. **Omer Liévin** et **Jean Herman**.

Les mesures de vitesse d'oxydation en milieu hétérogène sont toujours assez difficiles : il est nécessaire, en particulier, de maintenir le contact entre gaz et liquides ou

(1) Séance du 15 avril 1935.

solides par une agitation violente, surtout si l'on étudie des systèmes qui s'oxydent rapidement.

Reinders et Vlès ([1]), E. Raymond ([2]), Saint-Maxen ([3]) ont utilisé des dispositifs d'agitation variés. Nous avons établi un appareil robuste et simple, permettant d'étudier, avec une bonne précision, l'oxydation de mélanges divers.

Le tube à réaction, en verre épais, d'une contenance de 200^{cm^3} environ est enfermé dans un manchon cylindrique en cuivre parcouru par un courant d'eau; le même courant d'eau réfrigère une burette à gaz, reliée au tube à réaction par un caoutchouc à vide. Le manchon est animé d'un mouvement pendulaire rapide et régulier, entretenu mécaniquement : le liquide du tube est ainsi brassé avec le gaz et, s'il contient un précipité en suspension, ce précipité est maintenu en particules très fines. La pression du gaz reste constante; il est donc facile de déduire la quantité d'oxygène, entrée en réaction, du changement de niveau dans la burette. D'ailleurs une analyse chimique des produits obtenus permet, à la fin de l'expérience, de contrôler les résultats.

Nos essais ont porté jusqu'ici sur les hydroxydes de fer, manganèse, cobalt. Le précipité oxydable est produit, dans l'appareil même, par rupture au sein d'un excès d'alcali d'une ampoule scellée, en verre mince, contenant 5^{cm^3} d'une solution de sulfate métallique à 1 mol-g/litre, soit 5 milliatomes du métal. Le tube à réaction renfermant initialement, outre l'ampoule, 20^{cm^3} d'une solution de potasse de concentration variable, reçoit 640 secousses par minute et la température est de 10° à 0°,1 près. La masse totale d'oxygène consommée m reste comprise entre 40 et 60^{mg}, l'erreur relative globale ne dépassant pas 1 pour 100. On peut faire quatre lectures par minute et construire la courbe

$$m = f(t) \qquad t = \text{temps en minutes.}$$

La difficulté d'obtenir une rupture immédiate et complète de l'ampoule rend parfois incertaine la définition de l'instant initial; malgré cela, les courbes se reproduisent assez régulièrement pour établir les particularités que nous allons signaler.

Hydroxyde ferreux. — L'oxydation atteint très rapidement le stade ferrique,

Le diagramme $m = f(t)$ est rectiligne.

La vitesse est fonction décroissante de la teneur en alcali : avec KOH 0,6 N, on atteint Fe^2O^3 en 1 minute; avec KOH 2,77 N, on atteint Fe^2O^3 en 1 minute et demie.

([1]) *Trav. chim. Pays-Bas*, 44, 1925, p. 1.

([2]) *Journal de Chimie physique*, 28, 1931, p. 316.

([3]) *Ibid.*, 32, 1935, p. 161.

Ces résultats sont d'accord avec ceux de Miyamoto (1).

Hydroxyde manganeux. — L'oxydation dépasse Mn^2O^3, mais reste bien au-dessous de MnO^2 : ces deux oxydes correspondent ici à des absorptions de 40 et 80^{mg}, tandis que, même après plusieurs heures, on n'arrive qu'à 66^{mg}. En aucun cas, même avec une très petite proportion de manganèse, nous n'avons dépassé sensiblement ce degré d'oxydation. Nous ne retrouvons donc pas les résultats de J. Meyer et R. Nerlich (2) qui auraient obtenu MnO^2.

Le diagramme paraît formé de 2 tronçons rectilignes, raccordés évidemment par un segment courbe par raison de continuité. Le premier traduit une oxydation rapide de vitesse v_1 de même grandeur que dans le cas du fer; le second une oxydation lente de vitesse v_2. Quand la concentration alcaline croît, v_1 diminue, v_2 augmente légèrement, mais la première phase progresse plus loin, si bien que les diagrammes obtenus se coupent : le tableau suivant le montre :

Alcali employé (en millimolécules KOH)	20.	55,4.
Oxygène absorbé en 1 minute	42^{mg}	32^{mg}
Oxygène absorbé en 10 minutes	57,5	60

Le fait que les diagrammes se coupent laisse supposer que le mécanisme de la réaction n'est pas simple.

Hydroxyde cobalteux. — L'oxydation peut atteindre le stade cobaltique sans jamais le dépasser, mais beaucoup plus lentement que dans le cas du fer.

Le diagramme est plus compliqué : c'est seulement après 5 à 10 minutes qu'on obtient une partie rectiligne dont la pente croît avec la teneur en alcali. La phase initiale n'est pas rectiligne et correspond à une oxydation dont la vitesse et la durée varient en sens inverse de la teneur en alcali.

Voici quelques chiffres : 40^{mg} correspondant à Co^2O^3 :

Alcali employé (en millimolécules KOH)	12.	20.	30,8.	55,4.
Oxygène absorbé en 5 minutes	7,6^{mg}	6,4^{mg}	4,4^{mg}	4^{mg}
» en 25 »	9,2	11,6	11,8	17,6
» en 50 »	12,4	18,0	27	38
» en 75 »	16	25,2	38,8	40

L'hydroxyde de fer évolue certainement d'une manière plus simple que

(1) *Bull. chem. Soc. Japan*, 2, 1927, p. 4.

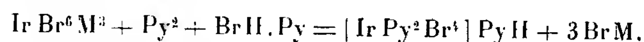
(2) *Zeits. für anorg. Chem.*, 116, 1921, p. 117.

les deux autres. Pour ces derniers, l'allure des diagrammes suggère l'idée que les phénomènes ne peuvent se réduire à une réaction unique. En particulier, pour le cobalt, les variations dans la couleur du précipité initial d'hydroxyde paraissent liées à son oxydabilité.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Dérivés bromo-dipyridinés de l'iridium.* Note de Mme **Madeleine Delépine-Tard**, présentée par M. Delépine.

On sait, par les recherches de Delépine (¹), que la pyridine peut donner avec les chlorosels de l'iridium des dérivés mono, di et tripyridinés. La présente Note a pour but de faire connaître quelques dérivés bromo-dipyridinés.

A froid, en deux mois, la réaction de la pyridine sur l'iridium-III-bromure de potassium donne un dépôt peu soluble constitué par de l'iridium-dipyrino-tétrabromure de pyridine $[IrPy^2Br^4]PyH$, tandis que la solution contient le sel de potassium $[IrPy^2Br^4]K + H^2O$. Mais il est plus rapide d'opérer comme pour les dérivés chlorés, c'est-a-dire de faire réagir la pyridine (6^{mol}) sur un bromosel (1^{mol}), en présence de bromhydrate de pyridine (4^{mol}). Après 45 minutes au bain-marie bouillant, on observe lors du refroidissement un abondant dépôt, assez complexe, contenant cependant en majeure partie le dipyridino-tétrabromure de pyridine formé en vertu de la réaction.



$$IrBr^6M^3 + Py^2 + BrH.Py = [IrPy^2Br^4]PyH + 3BrM.$$

Le mieux est de transformer le dépôt que l'on a essoré, lavé à l'eau, à l'alcool et à l'éther, en sel d'ammonium. Pour cela, on le traite par l'ammoniaque en léger excès au bain-marie; tout ne se dissout pas, on essore; le filtrat, rouge, additionné à chaud de bromure d'ammonium laisse déposer de magnifiques aiguilles rouge rubis, d'un vif éclat, répondant à la composition $[IrPy^2Br^4]NH^4 + H^2O$, ne perdant pas leur eau à 100°.

Du sel d'ammonium on passe aux sels respectifs de potassium, de rubidium et de cœsium par action des hydroxydes correspondants sur la solution du sel d'ammonium. On amoindrit la solubilité du sel formé en ajoutant une quantité convenable de bromure du même métal que celui de

(¹) *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1390 et 1589; 175, 1922, p. 1075, 1211 et 1408; *Annales de Chimie*, 9e série, 19, 1923, p. 5 et 145.

l'hydroxyde. On récolte ainsi de très belles aiguilles rouge rubis, d'un vif éclat, possédant également une molécule d'eau. Cette molécule part sensiblement à 100° dans le cas du sel de potassium, mais pas dans celui des sels de rubidium et de cœsium. Tous ces sels alcalins sont moyennement solubles en donnant des liqueurs rouges.

Les sels de thallium $[Ir\,Py^2\,Br^4]Tl$ et d'argent $[Ir\,Py^2Br^4]Ag$, également cristallisés, mais anhydres, se préparent par des doubles décompositions appropriées entre le sel d'ammonium, le sulfate de thallium et le nitrate d'argent (additionné d'ammoniaque). Ils sont assez peu solubles pour que les liqueurs surnageantes paraissent incolores.

Le sel de pyridine, également très peu soluble, se prépare de même par double décomposition entre le sel d'ammonium et le bromhydrate de pyridine. Il se précipite en fins cristaux orangé clair.

Oxydés par l'acide nitrique au demi au bain-marie, ou l'eau de chlore, ou l'eau de brome, les sels alcalins donnent un précipité brun foncé du complexe, à base d'iridium quadrivalent, $Ir^{IV}Py^2Br^4$, insoluble que les réducteurs ramènent à l'état trivalent.

Chauffée pendant six heures à reflux une solution du sel ammonical en 50 parties d'eau laisse déposer par refroidissement des cristaux orangés de tribromure d'iridium-III-aquo-dipyridiné $Ir(H^2O)Py^2Br^3 + 3H^2O$, exactement comme le font les dérivés chlorés (¹). Ce dérivé aquo-dipyridiné est un pseudo-acide; les alcalis, l'ammoniaque le dissolvent en donnant une solution rouge orangé d'où les acides le reprécipitent. Il est plus soluble à chaud qu'à froid. En milieu ammoniacal, il donne naissance par le nitrate d'argent à un précipité cristallisé rouge orangé qui se forme lors de l'évaporation de l'ammoniaque. Ce précipité correspond à la composition $[IrPy^2(OH)Br^3]^3H^2Ag$, tandis qu'en milieu nitrique, on arrive à un sel en aiguilles de formule $[IrPy^2Br^3(NO^3)]Ag + 3H^2O$.

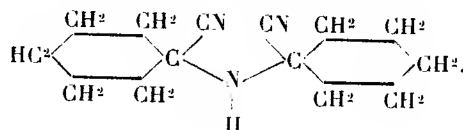
On voit par toutes ces données que les dérivés bromés sont susceptibles de former toute une série parallèle aux dérivés chlorés de l'iridium. Toutefois, dans ces expériences, on n'a pas pu isoler les deux isomères prévus. Tout porte à croire que la série décrite ici représente la série *trans*-dipyridinée. L'oxydation par l'eau de brome, la présence dans les sels alcalins d'une molécule d'eau encore retenue à 100°, la faible solubilité du sel de pyridine, sont bien conformes à ce qui a été décrit par Delépine pour les dérivés *trans*-dipyridinés tétrachlorés.

(¹) Delépine, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1373.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'action des organomagnésiens sur l'amino-1-cyclohexanecarbonate d'éthyle*. Note (¹) de M. **Marcel Godchot** et Mlle **Germaine Cauquil**, présentée par M. Marcel Delépine.

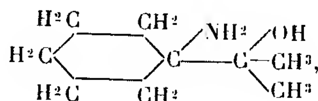
Nous avons étudié l'action des organomagnésiens sur l'amino-1-cyclohexanecarbonate d'éthyle.

Cet ester a été préparé par estérification de l'acide correspondant obtenu antérieurement par Zelinsky et Stadnikoff (²) et provenant du nitrile résultant de l'action simultanée du chlorhydrate d'ammonium et du cyanure de potassium sur le cyclohexanone. Ce nitrile est un liquide bouillant sous 12mm à 105° ($D_{16,5} = 0,9854$; $n_D^{16°,5} = 1,4740$. R. M. trouvée : 35,36; calculée : 35,49); il fournit un chlorhydrate cristallisé, fusible à 199°. Abandonné à lui-même en tube fermé, il se transforme en un corps solide (F. = 138-139°) déjà signalé par Snessareff (³), l'imino-nitrile



L'amino-1-cyclohexanecarbonate d'éthyle est un liquide bouillant sous 15mm à 110°; il donne avec le phénylsénevol, une combinaison cristallisée (F. = 258-259°); avec le dinitro-1.3-chloro-4-benzol, des cristaux (F. = 168°) et avec le sulfure de carbone un corps cristallisé (F. = 265°).

L'iodure de méthyl-magnésium (5mol) réagissant sur cet ester (1mol) donne naissance simultanément : 1° au diméthyl-amino-cyclohexyl-carbinol attendu



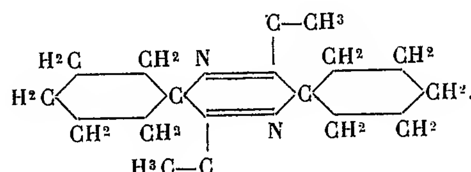
liquide bouillant sous 11mm vers 145° dont le chlorhydrate fond vers 138°; 2° à l'isopropyl-cyclohexyl-pinacone ($Eb_{15} = 125°$; F. = 82°), identique à

(¹) Séance du 15 avril 1935.

(²) *Berichte d. ch. Ges.*, **39**, 1906, p. 1722.

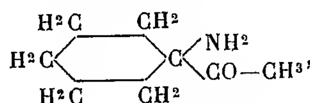
(³) *J. Soc. phys. Chim. russe*, **46**, 1914, p. 206-217.

celle obtenue par Tarbouriech (1) dans l'action de CH^3MgI sur le cyclohexane-*ol*-1-carbonate d'éthyle, et dont la formation peut s'expliquer par perte d'ammoniaque du corps précédent, avec formation transitoire d'étheroxyde lequel fixe ensuite 1^{mol} d'eau; 3° à un corps, fusible à 212° et répondant à la formule d'une bispentaméthylène-3.6-diméthyl-2.5- dihydropyrazine



(N °/₀, trouvé : 11,50; calculé pour $C^{16}H^{26}N^2$: 11,38).

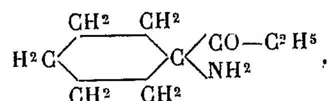
On peut expliquer la formation de cette pyrazine par la formation intermédiaire de la cétone-aminée, l'acétyl-1-amino-cyclohexane



dont 2^{mol} s'uniraient entre elles avec départ de 2^{mol} d'eau.

On peut du reste obtenir cet acétyl-1-amino-cyclo-hexane ($Eb_{10} = 105°$; $D_{13°} = 0,9980$; $n_D^{13} = 1,4743$. R. M. trouvée : 39,73; R. M. calculée pour $C^8H^{15}ON$: 40,39) donnant un chlorhydrate, fusible vers 195° (Cl °/₀ trouvé : 20,06; calculé pour $C^8H^{16}O.NCl$: 20) lorsqu'on ne fait réagir que 3mo de CH^3MgI sur 1^{mol} d'amino-1-cyclohexane-carbonate d'éthyle. Cette cétone aminée traitée par la potasse alcoolique donne en effet la pyrazine obtenue ci-dessus.

Par action du bromure d'éthyl magnésium (3^{mol}) sur l'amino-1-cyclohexane carbonate d'éthyle, on obtient pareillement l'amino-1-piopionyl-1-cyclohexane

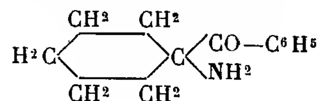


liquide bouillant sous 12^{mm} à 132°-133° ($D_{17}^{17} = 0,9904$; $n_D^{17} = 1,4873$; R. M. trouvée : 45,03; calculé pour $C^9H^{17}ON$: 45,01) dont le chlorhydrate fond vers 230° (chlore pour 100 trouvé : 18,10; calculé 18,53).

---

(1) *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 604.

De même, par action du bromure de phényl-magnésium sur le même ester, on isole deux corps que l'on sépare par cristallisations fractionnées, l'un, le moins soluble, qui domine en quantité, fusible vers 126-127° et constitué par l'amino-1-benzoyl-1-cyclohexane,



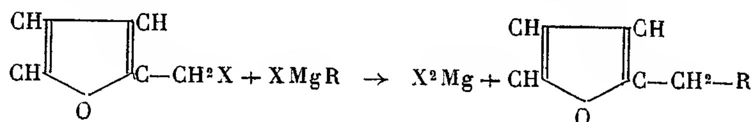
(N % trouvé : 6,90; calculé pour $C^{13}H^{18}ON$: 6,90; cryoscopie dans le benzène : P. M. = 212 au lieu de 203) dont le chlorhydrate fond à 258-260°; l'autre plus soluble (F. = 131°) ayant la constitution de la diphénylcyclohexyl-pinacone, identique à celle obtenue par action du bromure de phényl-magnésium sur l'ester éthylique de l'acide hydroxy-1-hexahydrobenzoïque [1].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthodes de préparation des α-alcoylfuranes.* Note de M. **Raymond Paul**, présentée par M. Robert Lespieau.

La méthode classique de préparation des alcoylfuranes, qui consiste à réduire par la technique de Wolff-Kischner [2] les alcoylfurylcétones F—CO—R, est fort pénible. Ces cétones sont en effet assez difficiles à obtenir et leur réduction se fait la plupart du temps avec un rendement médiocre.

Ayant besoin d'assez grandes quantités de furanes à chaîne latérale quelconque F—CH^2—R, nous avons dû mettre au point des méthodes de préparation plus rapides et moins onéreuses.

Première méthode. — Dans les halogénures de furfuryle F—CH^2X, l'atome d'halogène est extrêmement mobile comme dans tous les composés renfermant un groupe —CH^2X au voisinage d'une double liaison (halogénures d'allyle et d'alcoylallyle, de benzyle, d'indényle, etc.). Il était donc à prévoir que ces halogénures réagiraient sur les organomagnésiens : l'expérience a montré, en effet, que leur condensation avec ces dérivés était énergique et conduisait facilement aux alcoylfuranes prévus



[1] Meerwein, *Annalen der Chemie*, 396, 1913, p. 200.

[2] Wolf, *Annalen der Chemie*, 394, 1912, p. 86.

Une difficulté se présentait : le seul halogénure de furfuryle qu'on ait isolé jusqu'ici, le chlorure, est de préparation assez délicate; on a constaté que les solutions éthérées de bromure de furfuryle *brut*, obtenues très facilement en suivant les indications de Zanetti (¹), convenaient parfaitement. Il faut seulement employer un fort excès de réactif magnésien afin d'assurer la complète utilisation du bromure. S'il en restait en effet la moindre trace, l'acide bromhydrique qu'il libérerait pendant la rectification du produit provoquerait la résinification de l'alcoylfurane.

Par cette méthode on a préparé :

le *butyl-2-furane* $F.(CH^2)^3.CH^3$: $Eb_{49}=61°$; $D_{15}^{18}=0,889$; $n_D^{18}=1,44642$.

le *benzyl-2-furane* $F.CH^2.C^6H^5$: $Eb_{23}=114-116°$; $D_{15}^{19}=1,050$; $n_D^{19}=1,5451$.

Deuxième méthode. — On a établi récemment (²) que la déshydratation catalytique des furylalcoylcarbinols, $F.CHOH.CH^2.R$, donnait un mélange du dérivé éthylénique correspondant $F.CH=CH.R$ et de l'alcoylfurane $F.CH^2.CH^2.R$. Comme les furylalcoylcarbinols s'obtiennent avec d'excellents rendements à partir du furfurol le mélange précédent constitue une bonne matière première pour la synthèse des alcoylfuranes.

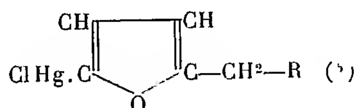
Il existe en effet une grosse différence de réactivité entre les doubles liaisons du noyau furanique et celle de la chaîne latérale : en hydrogénant le mélange des deux corps à l'aide d'un noir de platine peu actif, c'est uniquement sur cette dernière que se fixe l'hydrogène.

A partir des produits de déshydratation du furyl-1-éthanol-1 et du furyl-1-butanol-1, on a pu préparer de cette façon :

le *furyléthane* $F.CH^2.CH^3$: $Eb_{768}=92°-93°$; $D_{15}^{13}=0,912$; $n_D^{13}=1,44662$.

le *butylfurane* $F.(CH^2)^3.CH^3$, dont les constantes sont identiques à celles de l'échantillon préparé par la première méthode.

En traitant les composés précédents par une solution de chlorure mercurique additionnée d'un excès d'acétate de sodium, on a obtenu des dérivés chloromercuriques du type



(¹) *Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 1061.

(²) R. Paul, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1118.

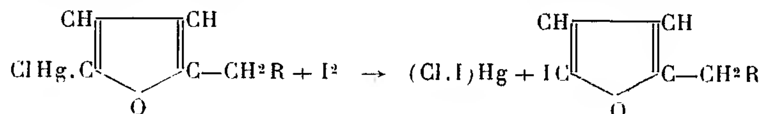
(³) Gilman et Wright, *Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 3302.

Le *chloromercuri-2-éthyl-5-furane* fond à 109° (Hg °/₀ = 60,76 trouvé; Hg °/₀ = 60,60 calculé).

Le *chloromercuri-2-butyl-5-furane* fond à 80°-81° (Hg °/₀ = 55,48 trouvé; Hg °/₀ = 55,86 calculé).

Le *chloromercuri-2-benzyl-5-furane* fond à 121° (Hg °/₀ = 51,22 trouvé; Hg °/₀ = 51,04 calculé).

Tous ces dérivés cristallisent fort bien et sont d'excellents agents d'identification des alcoylfuranes. En solution dans l'acétate d'éthyle, ils se laissent facilement titrer par l'iode qui réagit selon le schéma



MINÉRALOGIE. — *Sur les caractères spécifiques de la bowlingite.* Note (¹) de Mlle SIMONNE CAILLÈRE.

La bowlingite, silicate hydraté de fer, d'alumine et de magnésie, a été décrite par Hannay (²) comme espèce nouvelle; puis Heddle (³) en reprit l'étude chimique et rattacha ce silicate au groupe de la saponite. Enfin certains auteurs, avec M. A. Lacroix (⁴), s'appuyant sur l'analogie remarquable des propriétés optiques de ce minéral avec celles des antigorites, l'ont considéré comme une antigorite ferrifère, malgré certaines divergences dans les compositions chimiques.

J'ai essayé de préciser les caractères spécifiques de ce minéral en complétant son étude chimique et optique par celle de sa déshydratation et des produits qui en résultent.

Les bowlingites étudiées appartiennent à la collection du Muséum et proviennent des gisements d'Écosse : l'une de Blackburn (analyse I), l'autre de Catkin Hill près Glascow (analyse II). Ce sont des minéraux fibreux d'un vert sombre, onctueux au toucher. Ces deux échantillons sont assez purs; toutefois celui de Catkin Hill renferme une petite quantité de calcite

(¹) Séance du 15 avril 1935.

(²) *Mineral. Magaz. a. Journ. of the Min. Soc. of Gr. Brit. a. Irel.*, n° 5, **1**, 1877, p. 154.

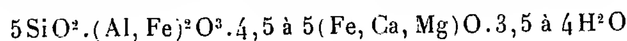
(³) *Transactions of Royal Soc. Edinburgh*, **29**, 1880, p. 96.

(⁴) *Minéralogie de la France*, **1**, p. 442.

intercalée entre les fibres. Son analyse a donc été faite après lavage de la prise d'essai avec HCl froid et dilué (5°/₀).

	I.	II.	III.	IV.
SiO^2	39,37	41,66	40,04	38,49
Al^2O^3	8,11	9,55	6,76	5,05
Fe^2O^3	5,94	5,69	9,29	10,59
FeO	7,36	4,20	2,38	3,23
CaO	0,69	0,29	2,27	2,83
MgO	21,47	20,14	19,13	19,45
TiO^2	0,07	0,32	0,41	–
H^2O (–)	7,69	9,79	11,91	13,52
H^2O (+)	9,23	8,08	7,84	6,43
	99,93	99,72	100,03	99,59

Les compositions chimiques de ces deux minéraux sont très analogues et se rapprochent beaucoup de celles de la saponite de Catkin Hill (analyse III). De ces trois analyses, après avoir retranché la teneur en eau hygroscopique, on peut déduire la formule chimique suivante :



$$5SiO^2.(Al, Fe)^2O^3.4,5 \text{ à } 5(Fe, Ca, Mg)O.3,5 \text{ à } 4H^2O$$

à laquelle satisfont bowlingites et saponites.

Les courbes d'analyse thermique, obtenues à l'aide du dispositif différentiel de Saladin-Le Chatelier, sont identiques et présentent trois crochets endothermiques vers 150°, 580° et 750°. Ces quelques résultats mettent déjà en évidence l'analogie de la bowlingite et de la saponite. Cette analogie est encore confirmée par l'étude des diagrammes X, obtenus par la méthode de Debye et Scherrer. Ceux-ci présentent les mêmes raies, avec le même caractère d'intensité, pour les trois échantillons.

L'étude quantitative de la déshydratation a été faite sur la bowlingite de Blackburn. Chauffée à l'air à 610° pendant 156 heures, la bowlingite perd 16,25 pour 100 (c'est-à-dire la presque totalité) de son eau; le diagramme X obtenu avec cette poudre présente de nombreuses raies du produit initial, toutefois les premiers anneaux montrent une légère tendance à se rapprocher. Après calcination à 715° pendant 16 heures et perte de la totalité de l'eau, le spectre X présente encore les caractères essentiels de celui du minéral primitif. A 810° le produit commence à recristalliser; car les raies du diagramme, encore peu nombreuses et floues, peuvent être toutes rapportées à celles de l'enstatite. Après chauffage à 910°, la poudre devenue très faiblement magnétique fournit un diagramme X identique à celui de

l'enstatite, avec des raies fines et très nombreuses. Toutes les raies du produit calciné à 1100° et à 1270° peuvent encore être rapportées à l'enstatite; cependant il y a lieu de remarquer un renforcement de certaines d'entre elles.

Or un diagramme X obtenu avec la magnétite de Binn a mis justement en évidence des raies correspondant aux anneaux renforcés. D'ailleurs la poudre est devenue très attirable à l'aimant. Après calcination, la bowlingite a donc partiellement recristallisé en un mélange d'enstatite et de magnétite; mais les diagrammes n'ont permis d'identifier aucune substance alumineuse cristallisée. Il en est de même pour les produits de calcination de la saponite.

De ces minéraux j'ai cru pouvoir rapprocher un échantillon étiqueté diabantite de Bergen Hill (analyse IV). C'est un minéral fibreux, vert sombre, identique comme faciès à la bowlingite, et dont la composition chimique ne diffère de celle des saponites que par une plus faible teneur en eau de constitution. L'analyse thermique en effet met en évidence un crochet endothermique vers 740° et seulement une très légère inflexion vers 540°. Cependant le diagramme X de cette « diabantite » montre les mêmes raies que celui de la saponite et, après calcination, le minéral devenu très magnétique recristallise en un mélange d'enstatite et de magnétite.

De cette étude il résulte que la bowlingite n'est qu'un faciès fibreux de saponite, minéral dont la composition chimique est intermédiaire entre celles des montmorillonites et des chlorites.

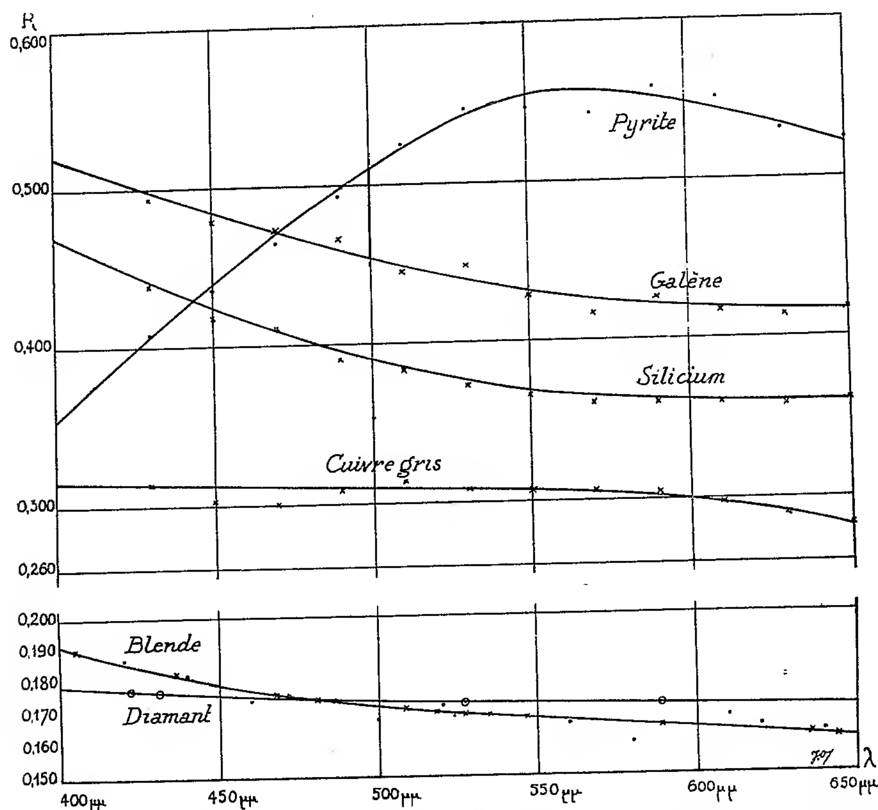
MINÉRALOGIE. — *Courbes de dispersion de quelques étalons de pouvoirs réflecteurs utilisables dans l'étude microscopique des minerais métalliques.* Note ([1]) de MM. **Jean Orcel** et **Pierre Fastré**.

La méthode proposée par l'un de nous ([2]) pour la mesure des pouvoirs réflecteurs des minéraux, à l'aide de la cellule photoélectrique adaptée au microscope métallographique polarisant, nécessite l'emploi d'étalons de pouvoirs réflecteurs. Mais la plupart des minéraux opaques entrant dans la constitution des minerais métalliques sont plus ou moins dispersifs. Il faut donc connaître le pouvoir réflecteur des étalons utilisés pour toute

([1]) Séance du 15 avril 1935.

([2]) J. Orcel, *Bull. Soc. franç. Min.*, 53, 1930, p. 301-349.

une série de longueurs d'onde. Nous avons repris à ce point de vue l'étude des étalons antérieurement adoptés : diamant, blende, galène, en y ajoutant le cuivre gris, le silicium et la pyrite. Chacun d'entre eux (classés dans l'ordre des P. R. décroissants) a été comparé au précédent et finalement à la blende jaune miel de Santander qui peut servir d'étalon de



base; son pouvoir réflecteur a été calculé à partir de ses indices de réfraction donnés par Des Cloizeaux [1] puis par A. Brun [2], en négligeant l'indice d'absorption.

Les mesures ont été effectuées suivant le mode opératoire indiqué antérieurement [3] en amplifiant le courant photoélectrique à l'aide du dispositif de Chalonge et Lambert légèrement modifié. La tétrode utilisée primi-

---

(1) *Mém. de l'Acad. Sc.*, 18, 1867, p. 515-517.

(2) *Bull. Soc. franç. Min.*, 53, 1930, p. 41.

(3) J. Orcel, *loc. cit.*

tivement a été remplacée par une tétrode (Gecovalve B. G. 4) de caractéristiques voisines qui fournit une amplification de l'ordre de 700. On peut ainsi diminuer beaucoup l'éclat de la source qui était nécessaire auparavant, et utiliser une lampe à filament métallique réduit de 200 bougies, fonctionnant sous 18 volts sur une batterie d'accumulateurs. La sensibilité de cet amplificateur permet de délimiter dans le spectre fourni par le monochromateur associé à cette source, une région assez étroite variant de $10^{\mu\mu}$ à $20^{\mu\mu}$. Les comparaisons photométriques ont été effectuées en lumière polarisée, la vibration incidente étant dans le plan d'incidence des rayons réfléchis sur la préparation. On sait que si la vibration est perpendiculaire à ce plan, on obtient un P. R. d'autant plus faible que l'angle d'incidence est plus grand. La différence devient très sensible avec des objectifs de grossissements propres supérieurs à 5, ce qui est le cas le plus fréquent. Il faut tenir compte de cette remarque si l'on compare nos résultats pour la galène avec ceux obtenus par la méthode oculaire [1] dans le vert, l'orangé et le rouge, qui correspondent à la moyenne des P. R. pour les deux positions de la vibration incidente. Nous donnons ci-dessous nos résultats d'après les courbes (figure) tracées à l'aide des valeurs expérimentales qui concordent avec celles fournies par les courbes à une approximation comprise entre $\pm 0,005$ et $\pm 0,01$.

λ (en μμ).	Diamant (du Cap).	Blende de Santander (Espagne).	Cuivre gris de Mouzaïa (Algérie).	Silicium à 97 %.	Galène de Pontpéan (Ille-et-Vilaine).	Pyrite de Brosso (Italie).
410.......	0,178	0,187	0,315	0,454	0,512	0,372
430.......	177	182	314	440	498	406
450.......	176	178	312	422	484	440
470.......	175	175	311	410	472	470
490.......	1745	173	310	394	460	497
510.......	1735	170	306	384	448	522
530.......	173	169	305	374	440	542
550.......	1725	167	304	368	432	554
570.......	172	166	303	364	426	556
590.......	172	165	302	362	422	552
610.......	1715	164	298	361	420	544
630.......	171	163	290	360	418	533
650.......	0,171	0,162	0,284	0,360	0,416	0,520

On remarque que le cuivre gris est très peu dispersif; son pouvoir réflecteur ne commence à faiblir notablement que vers l'orangé. Pour le

[1] A. Cissarz, *Zeit. f. Krist.*, 82, 1934, p. 438-450.

silicium et la galène leurs courbes de dispersion mettent nettement en évidence leur couleur bleutée. Ces deux corps possèdent la dispersion normale des corps transparents et leur indice d'absorption est vraisemblablement très faible par rapport à leur indice de réfraction. Ce fait a déjà été constaté pour la galène par une autre méthode ([1]). Enfin la pyrite possède la dispersion anormale avec maximum de P. R. dans le jaune (pour $0^{\mu},580$).

PÉTROGRAPHIE. — *Les caractères chimicominéralogiques des roches éruptives tertiaires de la Kabylie de Collo (Département de Constantine, Algérie).* Note ([2]) de M. **Marcel Roubault.**

Les roches tertiaires de la Kabylie de Collo sont essentiellement des roches riches en quartz; les roches dépourvues de silice libre occupent comparativement une surface très restreinte.

Le nord-ouest de ce pays ainsi que le massif des Beni Toufout au sud, sont constitués par deux masses de granite calcoalcalin à plagioclases. Les minéraux cardinaux sont le quartz, l'orthose, les plagioclases (oligoclase à andésine, rarement albite), la biotite. Les minéraux accessoires sont le zircon, l'apatite, parfois le sphène et l'épidote. La zonation des plagioclases est un caractère constant et la basicité de ces minéraux est alors généralement décroissante du centre vers la périphérie.

Un caractère important de ces masses éruptives acides est la présence de nombreuses *enclaves homœogènes mésocrates* de granodiorites de couleur gris foncé et de grain plus fin que la roche encaissante. Ces enclaves sont constituées par les mêmes minéraux que le granite, mais la biotite y est beaucoup plus abondante; on y observe, en outre, de la cordiérite et même parfois de l'hypersthène.

Dans sa partie occidentale, le granite du Nord-Ouest est recoupé par des filons d'*aplite alcaline* à quartz, orthose, très rares plagioclases (albite) et tourmaline.

A l'est du méridien du Cap Bougaroun, les masses intrusives acides sont microgrenues. Le passage de l'une à l'autre texture se fait de façon insensible. On est alors en présence de microgranites monzonitiques ou de microgranodiorites. Ces roches, également de couleur claire, montrent au premier temps des cristaux corrodés de quartz, de biotite, des plagioclases (andésine-

([1]) G. Horn, *Neues Jahrb. f. Miner.*, 12, 1898, p. 269-342.

([2]) Séance du 15 avril 1935.

labrador), ces derniers étant pratiquement toujours zonés. La pâte est formée de quartz, de microlites d'orthose et de plagioclases; la texture est soit purement grenue soit poecilitique avec tendance vers la texture à quartz globulaire. Ces microgranites contiennent fréquemment de petits nodules de quartz de plusieurs centimètres de diamètre, de petites enclaves de cordiérite ou de tourmaline.

Postérieurement à la mise en place de l'ensemble des roches intrusives grenues ou microgrenues, sont venues au jour d'autres roches acides, des *rhyolites*. Les *rhyolites pétrosiliceuses*, en coulées ou dykes, sont des roches rugueuses au toucher, parfois partiellement vitreuses et de couleur vert clair. Les phénocristaux sont constitués par du quartz, corrodé et craquelé, des plagioclases non zonés (andésine-labrador); la biotite est rare ou absente; la pâte est formée de verre ou de quartz associé à des microlites feldspathiques. Les *rhyolites filoniennes*, très développées dans la moitié orientale du granite du Nord, sont essentiellement du type à éponges de quartz; j'ai également observé quelques cas de pâte à sphérolites micropegmatitiques (micropegmatite à étoilement). Ces rhyolites filoniennes sont presque toujours profondément altérées.

A cet ensemble de roches acides viennent s'ajouter d'intéressantes roches mésocrates ou mélanocrates, pauvres en silice libre, la *kentallénite* et les *gabbros* du Cap Bougaroun et de l'embouchure de l'Oued Djeballah ben Aïech.

La kentallénite, déjà signalée par M. A. Lacroix [1], est une roche vert foncé, grenue à grain assez fin, dont les éléments constituants sont le pyroxène (diopside-augite) et les plagioclases (labrador), associés à un peu d'orthose et parfois même de quartz. Les gabbros, à l'œil très semblables entre eux et aussi d'ailleurs à la kentallénite, sont de deux types : gabbro andésinique à pyroxène et gabbro labradorique à hornblende.

Un certain nombre de ces roches ont été analysées, leurs paramètres sont consignés dans le tableau suivant :

A. — *Roches quartziques.*

Rhyolite épanchée : I.3.1.2.

Rhyolites monzonitiques filoniennes :

I.3.2.2 (3); I.(3)4.1(2).3 [2]; I.3(4).2.3(4); I.'4.1(2).3'-3; I.4.1'.3.

---

[1] *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 573.

[2] Analyses communiquées par M. A. Lacroix.

Aplites alcalines : I.'4.1.3; I.'4.1'.2(3); I.'4.1'.3.
Granites monzonitiques : I.(3)4.2.3; I'.(3)4.2.3; I'.4.2.3; II.4.2.3.
Aplite monzonitique : I.(3)4.(1)2.3'.
Microgranites monzonitiques : I.'4.'2.3 (1); I'.'4.2'.3; I(II).4.'3.'3.
Granodiorites : I(II).'4.2.3(4); I(II).4.2(3).(3)4 (1); 'II.4.3.3'.
Microgranodiorites : I.4.2.(3)4; I(II).4.'3.3(4); 'II.4.(2)3.3(4) (1).
Granite akéritique : I.4.(1)2.(3)4.

B. — *Roches sans quartz ou quasi sans quartz.*

Kentallénites : II(III).5.4.2(3); 'III.5.'3.2 (1).
Gabbro andésinique : II'.5.3.(4)5.
Microgabbro andésinique : II(III).5.2(3).5.
Gabbro labradorique : II(III).5.'4.4(5); III.5.4.4'.

La série des roches éruptives tertiaires de la Kabylie de Collo, région non encore étudiée en détail jusqu'à ce jour, est donc assez complète et comprend une grande partie des types déjà signalés par M. A. Lacroix dans la province lithologique de l'Afrique du Nord (*loc. cit.*).

LITHOLOGIE. — *Sur les caractères pétrographiques des houilles permiennes du Congo belge.* Note (2) de M. **André Duparque**, transmise par M. Charles Barrois.

Les houilles qui ont fait l'objet des recherches dont les résultats sont résumés dans la présente Note proviennent des *bassins charbonniers de la Luéna et de la Lukuga*, dont les formations productives ont été assimilées par MM. R. Cambier et A. Jamotte aux couches des *assises d'Ecca* du *Karroo de l'Afrique du Sud*. Ces combustibles sont donc d'*âge permien* et les débris organisés qu'ils renferment dérivent de végétaux appartenant à une *flore à Glossopteris* dont les caractères généraux étaient différents de ceux des végétaux westphaliens. Les échantillons étudiés proviennent d'affleurements en zones exploitées ou de points où les couches de combustibles ont été atteintes au cours de sondages de recherches à des profondeurs comprises entre 70^{m} et 102^{m}.

I. Caractères chimiques et microscopiques. — Les houilles de la Luéna et de la Lukuga sont des *combustibles bitumineux* contenant en moyenne 30 à 33 pour 100 de matières volatiles et 15 à 20 pour 100 de cendres, leurs

(1) Analyses communiquées par M. A. Lacroix.
(2) Séance du 15 avril 1935.

teneurs en humidité oscillant entre 5 et 6 pour 100. *Elles ne cokéfient pas*, donnent à la distillation des résidus pulvérulents et par incinération des cendres de couleurs claires souvent de teinte blanche.

Examinées à l'état brut ou en surfaces polies, à l'œil nu ou à la loupe, elles se révèlent comme étant formées surtout de *houille mate* (Durain) dépourvue d'éclat, parfois légèrement lustrée, mais compacte, à grain fin, et de teinte noire souvent bleutée. La *houille brillante* (Vitrain) beaucoup moins abondante s'observe sous forme de filets très minces interstratifiés dans des lits massifs de houille mate ou à l'état de lits de quelques millimètres d'épaisseur alternant avec des couches mates plus épaisses. Dans le premier cas l'aspect homogène de l'ensemble rappelle celui des *gayets* (cannel-coals) westphaliens, dans le second celui de certaines houilles bitumineuses bien litées (houilles rayées = Streifenkohle) du gisement franco-belge. Le *fusain* (houille mate d'origine ligneuse) ne se rencontre qu'en faible quantité et sous forme de menus débris, mais a pu être observé parfois à l'état de lits assez épais.

II. Caractères microscopiques. — Les houilles permiennes du Congo belge m'ont permis la préparation *par simple polissage* de surfaces révélant leur structure qui ont pu être examinées et photographiées au *microscope par réflexion* (microscope métallographique). Dans ces conditions, ces houilles apparaissent comme étant formées de *nombreux débris végétaux* réunis par un *ciment amorphe* dans lequel ils se trouvent régulièrement stratifiés.

A. *Débris végétaux organisés.* — Ce sont par ordre de fréquence :

1° des *exines cutinisées*, vidées de leurs contenus, aplaties et étalées parallèlement au plan de stratification et se rapportant suivant les cas à des *macrospores*, à des *microspores* ou à des *grains de pollen*, les diamètres des macrospores ne dépassant guère un quart de millimètre;

2° des *cuticules* ou des *sections de feuilles entières* à tissus internes gélifiés;

3° des *corps résineux* représentés surtout par des contenus cellulaires isolés à sections arrondies ou elliptiques;

4° des lambeaux de *tissus ligneux* (bois ou sclérenchyme), presque toujours gélifiés, et surtout des *menus débris de ces mêmes tissus*, dont le morcellement est souvent très accentué et poussé jusqu'à l'isolement des *vaisseaux* ou des *fibres ligneuses* dont on observe fréquemment les sections arrondies, uni- ou pluri-loculaires, montrant parfois des restes des cloisons perforées ou ornementées qui séparent les cellules placées bout à bout;

5° des lambeaux de *tissus subéreux* (Rhytidome), où les cellules du liège apparaissent sous leurs aspects caractéristiques.

Tous ces débris organisés sont nettement stratifiés, et leur amenuisement atteste de la réalité de phénomènes de transport plus importants que ceux que l'on observe dans les houilles westphaliennes.

B. *Ciment amorphe ou pâte colloïdale.* — Dans les lits de houille mate où ils sont pourtant très nombreux, les débris organisés ne se touchent pas et les espaces qui les séparent sont comblés par une substance intersticielle ou *ciment amorphe colloidal* où lesdits débris présentent souvent une distribution fluidale. Ce ciment amorphe remplit également les cavités les plus ténues (macrospores, microspores, cellules des tissus ligneux) et forme à lui seul les *lits* et *filets de houille brillante*. Son mode de gisement indique clairement que ce ciment résulte de la coagulation de substances organiques en solution ou en pseudo-solution dans les eaux où se précipitaient mécaniquement les débris organisés.

En résumé, les houilles permiennes du Congo belge sont extrêmement voisines, aussi bien par leurs caractères macroscopiques que microscopiques, des houilles bitumineuses westphaliennes dont elles présentent la composition chimique. Elles se classent naturellement entre les houilles de cutine (houilles de spores ou de cuticules) et les gayets (cannel-coals), l'altération et l'amenuisement de leurs débris végétaux se rapprochant de ceux qui s'observent dans ces combustibles spéciaux. Ces caractères et la présence de particules argileuses qui expliquent les teneurs en cendres élevées attestent que le transport a été plus prolongé que dans le Nord de la France et qu'il a peut-être pu dans certains cas s'être effectué dans des cours d'eau, les phénomènes de dépôt ayant toutefois eu lieu en eaux assez calmes, dans des lagunes marécageuses.

Les seuls caractères distinctifs (tailles réduites des macrospores, présence de liège) sont en rapport avec les différences existant entre les flores permiennes à glossopteris et les flores westphaliennes ou avec les conditions climatiques qui caractérisent les deux époques au cours desquelles elles se sont développées.

Cette étude met une fois de plus en évidence le rapport existant entre la nature des dépôts initiaux et la composition chimique actuelle des combustibles. Elle montre, en outre, qu'à l'époque permienne comme à l'époque westphalienne les phénomènes de pollinisation (émission de grains de pollen ou de spores) ont joué un rôle prépondérant dans la genèse des charbons bitumineux qui dérivent toujours d'accumulations riches en graisses d'origine végétale.

ZOOLOGIE. — *La reproduction de l'appareil parabasal du* Trichomonas caviæ *Dav.*, Note (¹) de M. **Pierre Grassé** et Mlle **Alice Faure**, présentée par M. Maurice Caullery.

Une étude approfondie de la Trichomonade du cobaye (*Trichomonas caviæ*), nous a permis d'élucider le comportement de l'appareil parabasal au cours de la mitose.

Alors que le noyau ne manifeste aucun signe précurseur de division, le blépharoplaste entre en activité et émet une deuxième côte, ténue et difficile à découvrir, qui n'est pas surmontée d'une membrane ondulante. Le nombre des flagelles libres reste encore de trois. L'appareil parabasal, remarquablement développé, accuse sa forme en faucille : la lame encercle le noyau, et le manche, plus ou moins arqué, pend dans le cytoplasme. Au point de jonction de la lame et du manche, apparaît un espace clair, amorce d'une section qui amputera le parabasal de sa portion postérieure.

On découvre, près de l'extrémité antérieure du parabasal, une petite masse sombre, située à peu près au-dessous de la nouvelle côte (*fig.* 1) et généralement appliquée contre le pôle antérieur du noyau. Rien ne réunit alors cette masse au centro-blépharoplaste, qui se tient nettement éloigné d'elle.

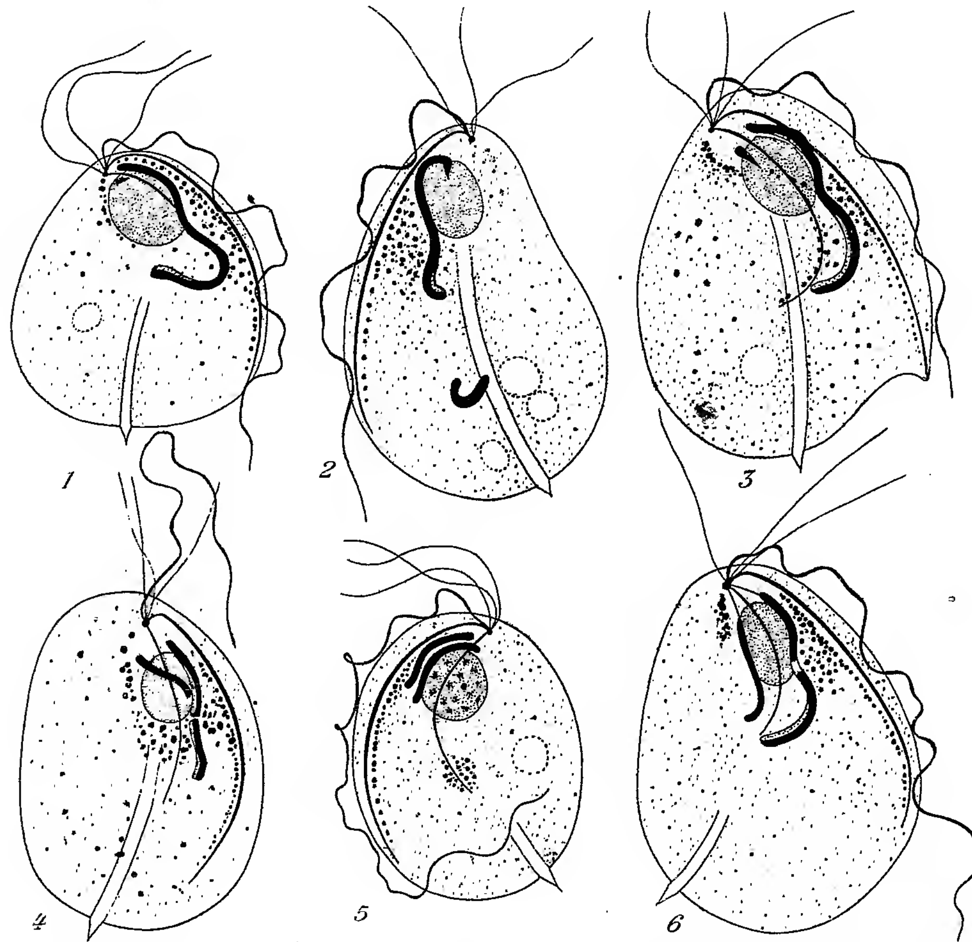
Elle est la première ébauche d'un nouvel appareil parabasal. Peu à peu elle s'allonge, prend la forme d'une larme, dont le gros bout est dirigé en avant (*fig.* 2 et 3). Puis elle devient un bâtonnet qui grossit et se place parallèlement au vieux parabasal. Celui-ci a considérablement diminué de longueur, du fait de l'amputation de son bout postérieur que l'on retrouve d'ailleurs dans le cytoplasme, où il se dissout assez vite (*fig.* 2 et 4).

Finalement, le nouveau parabasal atteint la longueur de l'ancien et arrête alors sa croissance pendant un temps assez long, car de tels stades sont communs dans nos préparations. Les deux organites sont parallèles et très près l'un de l'autre. Ils donnent l'illusion de provenir du clivage longitudinal du parabasal préexistant (*fig.* 5). C'est à cette interprétation inexacte que l'un de nous (Grassé) s'était rallié, faute de connaître les stades extrêmement précoces de la mitose du *Trichomonas*.

La liaison entre le centro-blépharoplaste et le parabasal ne se réalise que

(¹) Séance du 1er avril 1935.

secondairement et tardivement. Du centro-blépharoplaste, encore unique, pousse un délicat filament : le filament parabasal, qui entre en rapport avec le bout antérieur du nouvel organite (*fig.* 6).



1, Première apparition du nouveau parabasal; 2, nouveau parabasal au contact de l'ancien, peut-être aussi en continuité avec lui (bourgeonnement?) : première autotomie; 3 et 4, croissance du nouvel appareil; en 4, autotomie de l'ancien; 5, les deux parabasaux, égaux et parallèles, semblent provenir de l'organite préexistant fissuré; 6, les deux parabasaux sont unis par des filaments au centroblépharoplaste, l'ancien parabasal est sur le point de s'autotomiser.

Les diverses phases du phénomène ne se déroulent pas toujours dans l'ordre que nous venons de décrire. On observe, non rarement, des *Trichomonas* à deux parabasaux très inégaux et pourvus seulement d'une côte (*fig.* 2). D'autre part on rencontre quelques individus à deux côtes et à

un unique parabasal. Ajoutons que l'autotomie de l'extrémité postérieure du vieux parabasal se fait à des moments très variables. Cette variabilité du rythme mitotique des Flagellés a été indiquée à plusieurs reprises par l'un de nous.

La poussée de la nouvelle côte, la formation du nouveau parabasal, s'effectuent alors que le noyau est encore en prophase. Ultérieurement, le centro-blépharoplaste se scinde en deux grains, entre lesquels est tendue la paradesmose; une côte, un parabasal, une membrane ondulante et trois flagelles libres partent de chaque grain.

Nous insisterons sur le fait que, dans beaucoup d'individus en télophase, les parabasaux, au contact des noyaux, sont remarquables par leurs faibles dimensions. Cette particularité et quelques observations d'un autre ordre nous invitent à admettre que les parabasaux, au cours de la mitose, s'autotomisent plusieurs fois.

Les faits qui viennent d'être rapportés infirment les observations récentes faites par divers protistologues américains (H. Kirby, Connell, Cleveland) sur la reproduction du parabasal des Trichomonades et de genres voisins. *Il n'y a pas disparition de l'organite au cours de la division.* Duboscq et Grassé (1933) s'étaient déjà élevés contre cette manière de voir. Il y a autotomie d'une portion du parabasal, comparable à la chute des parabasalies de *Jœnia*, mais l'organite n'en persiste pas moins.

EMBRYOGÉNIE GÉNÉRALE. — *Sur les facteurs déterminant l'emplacement des gonades chez le poulet.* Note de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les cellules germinales, élément essentiel de l'ébauche gonadique, sont originairement des cellules mobiles. Apparaissant, chez le poulet, à un stade très jeune, en dehors de l'embryon proprement dit, comment atteignent-elles l'emplacement des gonades futures? On les voit circuler, chez le poulet, avec les cellules sanguines, dans les vaisseaux, pénétrer dans les parties médiales des lames splanchniques et s'y arrêter avec une grande régularité. A la suite d'une étude morphologique, j'ai été amenée à voir, dans la disposition vasculaire de cette région, dans le diamètre de la lumière des vaisseaux et la basse pression sanguine, les causes qui permettent aux cellules germinales d'entrer et les font s'arrêter dans les régions gonadiques. Une telle conception m'a paru d'autant plus plausible qu'elle s'accordait

bien avec la rétention occasionnelle de larges globules vitellins immobilisés dans la même région, à côté des cellules germinales.

Le rôle exclusif de la disposition des vaisseaux dans l'invasion des régions gonadiques par les cellules germinales ressort avec beaucoup de force d'une nouvelle série d'expériences. En voici les étapes successives :

1° Si la disposition du réseau vasculaire dans les régions gonadiques futures constitue un facteur suffisant pour permettre l'entrée des cellules germinales et les y arrêter, ce mécanisme doit se montrer également efficace envers tout autre élément corpusculaire, circulant en même temps, à côté des cellules germinales.

2° La présence, dans la circulation de l'embryon, de gros éléments corpusculaires, sous forme de phagocytes distendus par des débris cellulaires, a été obtenue, à la suite d'irradiations précoces et non stérilisantes de l'embryon par les rayons X. Une telle irradiation altère de nombreuses cellules germinales, des cellules somatiques en mitose, dispersées dans les tissus de l'embryon, les tissus le moins différenciés et, parmi eux, des cellules hématopoiétiques jeunes, proliférant dans les vaisseaux. Les cellules endommagées sont ingérées par des phagocytes et ceux-ci deviennent nombreux à l'intérieur des vaisseaux. Le liquide sanguin contient alors, à côté des cellules germinales vivantes, des cellules germinales en dégénérescence; de gros phagocytes, à diamètre et à consistance très analogues aux cellules germinales et, occasionnellement, de gros corpuscules vitellins. Le mécanisme qui, dans un embryon normal, détermine l'arrêt des cellules germinales dans les régions gonadiques, va-t-il, dans un embryon irradié, se montrer efficace uniquement par rapport aux cellules germinales, ou bien effectuer l'arrêt de tout élément corpusculaire présentant un certain diamètre et une certaine consistance?

3° La distribution des phagocytes dans un embryon irradié s'est montrée remarquablement analogue à celle des cellules germinales. En effet, un grand nombre de ces phagocytes ont été retrouvés précisément dans les régions des gonades futures, dans la lumière de leurs vaisseaux : quelques-uns, immobilisés au moment de leur entrée dans une branche splanchnique de l'aorte, d'autres bouchant la lumière d'une anse vasculaire dans les lames splanchniques, ou bien libérés éventuellement dans le mésenchyme, à la suite d'une réorganisation rapide de ce réseau. Apportés par le flot sanguin avec les cellules germinales encore vivantes, ou déjà en dégénérescence, les phagocytes sont retenus avec elles dans la région des futures gonades.

4° Il s'ensuit que le mécanisme vasculaire des régions gonadiques se montre, dans la rétention des éléments corpusculaires, tout aussi efficace envers des éléments qui ne sont pas des cellules germinales, qu'il l'est envers les cellules germinales dans un embryon normal. Il y a bien une sélection dans la rétention des éléments corpusculaires dans les régions gonadiques, mais cette sélection s'effectue sur la seule base des caractères physiques de l'élément corpusculaire, notamment de sa dimension et de sa turgescence. Des cellules germinales, vivantes ou mortes, des phagocytes ou des grains de vitellus, pénètrent dans la région des gonades, par de larges vaisseaux, à côté des érythroblastes et des hématoblastes. Mais, alors que ceux-ci traversent facilement cette région, les gros éléments y sont tous arrêtés; et celle-ci devient *les gonades*, par suite de l'installation en elle des cellules germinales et de corrélations qui en résultent avec un groupe de tissus somatiques. *Dimension et consistance* des cellules germinales d'une part et, de l'autre, *calibre des vaisseaux* d'un plexus, dont l'élargissement subit détermine un *abaissement considérable de la pression sanguine*, tels sont les facteurs qui déterminent également la rétention, dans les régions gonadiques, d'éléments corpusculaires divers, vivants ou morts, de nature germinale ou somatique.

La séance est levée à 15h30m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de février 1935.

L'Université de Bruxelles 1909-1934. Bruxelles, Imprimerie scripta, 1934; 1 vol. 28cm.

Commémoration du centenaire de la mort de Joseph-Nicéphore Niépce, inventeur de la photographie. Manifestations organisées à Chalon-sur-Saône en juin 1933, Paris, Société française de photographie et de cinématographie; 1 vol. 25cm,5.

Leçons d'analyse vectorielle. 2e partie : *Applications de l'analyse vectorielle. Introduction à la physique mathématique*, par Gustave Juvet. Paris, Gauthier-Villars, 1935; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. E. Cartan.)

La méthode des courbes structurales et la tectonique du Colorado, par Em. de Margerie In *Zbiór Prac* poświecony Przez Towarzystwo Geograficzne we Lwowie Eugenjuszowi Romerowi. W 40-Lecie Jego Twórczości Naukowej. Lwów, 1934; 1 fasc. 24cm,5.

Électrons (+ and —), Protons, Photons, Neutrons, and Cosmic Rays, par Robert Andrews Millikan. Chicago, The University of Chicago Press, 1935; 1 vol 19cm.

La faune de la France en tableaux synoptiques illustrés :

Tome I B : *Vers et Némathelminthes*, par Jean Delphy. 1935;

Fasc. II : *Arachnides et crustacés*, avec la collaboration de Lucien Berland et de Léon Bertin. 1929;

Tome III : 1. *Myriapodes*, avec la collaboration de Casimir Cépède; 2. *Insectes inférieurs. Thysanoures, Collemboles, Archiptères (Ephémères, Perles, Libellules*, etc.), *Orthoptères, Névroptères, Thysanoptères.* 1934;

Fasc. IV : *Hémiptères, Anoplaures, Mallaphages, Lépidoptères*, avec la collaboration de Léon Bertin et Louis Gaumont. 1916;

Fasc. VI : *Coléoptères* (2e partie), en collaboration avec Jean Delphy. 1932;

Fasc. IX : *Bryozoaires, Brachiopodes, Mollusques, Protocordés (Amphioxus, Tuniciers)*, avec la collaboration de Paul Fischer et Hervé Harant. 1930;

Fasc. X : *Vertébrés. Poissons* (par Léon Bertin), *Batraciens, Reptiles, Oiseaux, Mammifères.* 1924; Paris, Librairie Delagrave; 7 vol. 21cm,5. (Présenté par M. E. L. Bouvier.)

Graminées indigènes et Adventices des environs de Dunkerque, par Bouly de Lesdain. Dunkerque, Imprimerie du « Nord maritime », 1934; 1 vol. 21cm,5.

Étude sur la visibilité. Efficacité des projecteurs et des feux. Emploi des instruments d'observation, par Yves Rocard, avec la collaboration de Jean Rivière. Paris, Editions de la *Revue d'optique théorique et instrumentale*, 1935; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. Ch. Fabry).

(*A suivre.*)

ERRATA.

—

(Séance du 25 février 1935.)

Note de MM. *Paul Pascal* et *Marcel Patry*, Introduction à l'étude des acides telluriques :

Page 709, ligne 20, *au lieu de* allotellurique, *lire* orthotellurique.
Page 710, ligne 13, *au lieu de* ascendante, *lire* descendante.

(Séance du 18 mars 1935.)

Note de M. *G. Valiron*, Sur les directions de Borel des fonctions méromorphes d'ordre nul :

Page 1008, ligne 9, *au lieu de* $+k+1>2$, *lire* $=k-1>2$.
Page 1010, ligne 7, *au lieu de* $W'(X')\leqq 2W(X)$, *lire* $W'(X')\leqq 2W'(X)$.

(Séance du 25 mars 1935.)

Note de MM. *Robert Lespieau* et *Pierre Heitzmann*, Carbures C^8H^{14} provenant de l'action du bromure de crotyle sur son dérivé magnésien :

Page 1077, titre, *au lieu de* PAUL HEITZMANN, *lire* PIERRE HEITZMANN.

(Séance du 1er avril 1935.)

Note de MM. *B. Kourtchatov*, *J. Kourtchatov* et *G. Latychev*, La désintégration du bore par des neutrons lents :

Page 1169, ligne 2 du titre, *au lieu de* KURTCHATOV, *lire* KOURTCHATOV.

(Séance du 15 avril 1935.)

Note de M. *Paul Cordier*, Sur l'acide phénylpyruvique ; étude de son produit de condensation avec le cyanure de benzyle :

Page 1412, ligne 13, *au lieu de* l'acide benzylpyruvique, *lire* l'acide phénylpyruvique.

Page 1412, entre le premier et le deuxième alinéa de la Note, intercaler la phrase suivante avec renvoi bibliographique au bas de la page :

Récemment (1) nous avons étudié la condensation de l'acide benzylpyruvique avec le cyanure de benzyle.

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1427.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 AVRIL 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines intégrales singulières.* Note [1] de M. **Émile Cotton.**

Il s'agit d'intégrales simples ou multiples portant sur une fonction φ dépendant de paramètres, dont la nature sera précisée plus loin; φ devient infinie ou indéterminée en un point isolé du domaine réel d'intégration lorsque les paramètres sont tous nuls. Nous étudierons ces intégrales pour des valeurs des paramètres voisines de zéro (n°s 2, 3); mais après avoir donné (n° 1) à φ une forme facilitant cette étude.

1. Soit $\varphi = G/F^\alpha$, G, F sont fonctions holomorphes de plusieurs variables $x, y, z, \ldots$; l'exposant α est positif. Le théorème de factorisation de Cauchy, Weierstrass, Poincaré est supposé applicable à F et à x; soit $P = x^p + a_1 x^{p-1} + \ldots + a_p$ le polynome correspondant, les a sont des séries entières en $y, z, \ldots$ sans termes constants. On peut d'abord écrire $\varphi = G/F^\alpha = g/P^\alpha$, g étant holomorphe en $x, y, z, \ldots$.

D'après un théorème de M. Goursat [2], il existe un polynome en x,

$$r_0 = b_0 x^{p-1} + b_1 x^{p-2} + \ldots + b_{p-1},$$

dont les coefficients sont holomorphes par rapport aux autres variables $y, \ldots$, tel que la différence $g - r_0$ s'annule identiquement lorsqu'on y remplace x par les fonctions algébroïdes, solutions de $P = 0$.

---

[1] Séance du 24 avril 1935.

[2] *Bulletin de la Société mathématique de France*, 36, 1908, p. 209.

On établit ensuite facilement que $g - r_0 = P g_1$, g_1 étant une nouvelle série entière en $x, y, z, \ldots$. Plus généralement on a

$$g = r_0 + P r_1 + P^2 r_2 + \ldots + P^s r_s + P^{s+1} g_{s+1};$$

$r_1, r_2, \ldots, r_s$ sont de même nature que r_0, g_{s+1} est une série entière en $x, y, z, \ldots$. Nous écrivons donc

$$(1) \qquad \varphi = \frac{G}{F^\alpha} = \frac{g}{P^\alpha} = \frac{r_0}{P^\alpha} + \frac{r_1}{P^{\alpha-1}} + \ldots + \frac{r_s}{P^{\alpha-s}} + P^{s-\alpha+1} g_{s+1}.$$

Prenons $s < \alpha \leqq s + 1$, le dernier terme reste continu pour $x, y, z, \ldots$ voisins de zéro; les autres constituent la *partie critique* de φ (relative à x).

Supposons les *séries* G, F *à coefficients réels;* il en est de même pour $P, g, r_0, \ldots, r_s, g_{s+1}$. Admettons encore que *la fonction* F *est positive ou nulle quand toutes les variables sont réelles et voisines de zéro*, le degré p du polynome P est pair; plaçons-nous dans le cas le plus simple, supposons P *du second degré*. Alors $r_0, \ldots, r_s$ sont du premier degré en x, et $P = (x - \xi)^2 + F_1$; ξ et F_1 holomorphes en $y, z, \ldots$, s'annulent pour $y = z = \ldots = 0$; F_1 est positif ou nul pour les valeurs réelles et voisines de zéro de $y, z, \ldots$.

2. Une intégrale $I(y, z, \ldots) = \int_{-x_1}^{x_1} \varphi(x, y, z, \ldots)\, dx$ (x_1 constante positive) est la somme d'intégrales analogues portant sur les divers termes du second membre de (1). Le dernier donne une intégrale fonction continue de $y, z, \ldots$; il en est de même de l'avant dernier si $\alpha - s < 1/2$; une intégrale portant sur $r_s \log P$ serait aussi continue. Les intégrales restantes s'étudient facilement avec les méthodes de Poincaré [1] et de M. Hadamard [2]. Pour des valeurs réelles des paramètres n'annulant pas F_1, $I(y, z, \ldots)$ *est la somme d'une fonction continue et d'une partie critique de la forme* $G_1/F_1^{\alpha-1/2}$ (G_1 *série entière*); *toutefois si* $\alpha - 1/2$ *est entier il faut, en général, ajouter le produit de* $\log F_1$ *par une autre série entière* G_2.

L'étude d'une intégrale double $J(z, \ldots) = \int\int_\sigma \varphi(x, y, z, \ldots)\, dx\, dy$ étendue à un domaine σ du plan xOy, auquel O est intérieur, se ramène au cas où σ est un rectangle de centre O de côtés parallèles à Ox et Oy; elle se poursuit en appliquant le résultat précédent aux deux intégrations

(1) *Acta mathematica*, 22, 1899, § 4.
(2) *Le Problème de Cauchy*, 1932, p. 184-218.

simples effectuées par rapport à x et à y; on fait sur $F_1(y, z, \ldots)$ des hypothèses analogues à celles concernant $F(x, y, z, \ldots)$.

3. Le théorème de factorisation et la théorie des fonctions implicites permettent de condenser ces hypothèses sur F et F_1 dans l'énoncé suivant: *La fonction holomorphe* $F(x, y, z, \ldots)$ *est positive ou nulle pour les valeurs réelles voisines de zéro de toutes les variables dont elle dépend; si l'on annule les variables autres que* x *et* y, *l'ensemble des termes du second ordre de la série obtenue* $F(x, y, 0, 0, \ldots)$ *constitue une forme quadratique définie positive.*

Dans ces conditions, si les paramètres $z, \ldots,$ sont réels et voisins de zéro, F considérée comme fonction de x et de y admet un minimum $\mu(z, \ldots)$ fonction holomorphe des paramètres, et μ est positif ou nul.

Pour les valeurs réelles des paramètres voisines de zéro et n'annulant pas μ, *l'intégrale* J *est la somme d'une fonction continue de ces paramètres et d'une partie critique de la forme* $\lambda/\mu^{\alpha-1}$ *où* λ *est fonction holomorphe des paramètres, lorsque* α *est entier, il faut encore ajouter en général un terme* $\nu \log \mu$, ν *étant holomorphe.*

Une proposition analogue s'applique aux intégrales multiples quel que soit le nombre des variables d'intégration.

4. Les forces et les potentiels de simple ou de double couche correspondant à une action élémentaire fonction de la distance r de la forme $d/dr\ (f(r)/r^{\beta})$ (f série entière, $\beta > 0$) conduisent à des intégrales de la forme précédente. Dans ce cas, les axes étant convenablement choisis, on a $F = (x-a)^2 + (y-b)^2 + [\psi(x, y) - c]^2$, ψ série entière commençant par des termes du second ordre. Les paramètres sont a, b, c coordonnées du point d'application de la force. Cette fonction remplit les conditions précédentes. Pour l'étude des discontinuités correspondant au passage à travers la surface portant la couche, on observera que le polynome de factorisation de $\mu(a, b, c)$ relatif à c est $[c - \psi(a, b)]^2$.

Un exemple de tels potentiels est étudié par M. É. Picard dans ses *Leçons sur quelques problèmes aux limites de la Théorie des équations différentielles* dans la Collection Julia (p. 260).

ASTROPHYSIQUE. — *Les bandes de Vegard-Kaplan dans le spectre du ciel nocturne*. Note (¹) de MM. **Jean Cabannes** et **Jean Dufay**.

I. Du mois d'août 1933 au mois de février 1935, nous avons réuni plus de 100 clichés concernant le spectre du ciel nocturne photographié au Pic du Midi (Pyrénées), à Montpellier, Saint-Genis-Laval (Rhône) et Forcalquier (Haute-Provence). Tous montrent le spectre d'émission complexe que nous avons précédemment décrit (²). Les longueurs d'onde des radiations émises ont été mesurées au comparateur sur 13 clichés et, après enregistrement au microphotomètre, sur 33 clichés. Les listes de longueurs d'onde seront publiées dans un autre recueil.

II. Parmi les radiations les plus intenses et les plus caractéristiques se trouvent les deux raies d'origine inconnue que Lord Rayleigh découvrit pendant l'hiver 1922-1923 et auxquelles il attribua d'abord les longueurs d'onde 4435 et 4220 Å. Ce sont celles dont nous avons suivi pendant un an les variations d'intensité (³). Elles sont communément désignées par X_1 et X_2. Plusieurs hypothèses ont été faites pour expliquer leur origine. Suivant la dernière opinion de Kaplan (⁴), il faudrait voir en X_1 et X_2 deux des bandes de la *molécule d'azote* récemment découvertes au laboratoire par Vegard et Kaplan et classées par Herzberg. Leurs fréquences en cm^{-1} sont données par la formule

$$\nu = 49974,4 + (1446,46\,v' - 13,93\,v'^2) - (2345\,v'' - 14,445\,v''^2).$$

La première parenthèse montre que l'état initial est l'état métastable $A(^3\Sigma)$; si d'autre part on fait $v'' = 1$ dans la seconde parenthèse, on trouve $2331\ \text{cm}^{-1}$, c'est-à-dire la fréquence Raman de l'azote; l'état final est donc l'état normal $X(^1\Sigma)$ de la molécule.

III. Il était intéressant de chercher à contrôler cette hypothèse en utilisant l'ensemble de nos observations sur le ciel nocturne. Nous avons ainsi constaté qu'un grand nombre de radiations du ciel étaient très voisines des bandes de Vegard-Kaplan. *L'accord deviendrait encore plus satisfaisant si l'on diminuait de* $21\ \text{cm}^{-1}$ *le terme constant de la formule d'Herzberg*. Dans

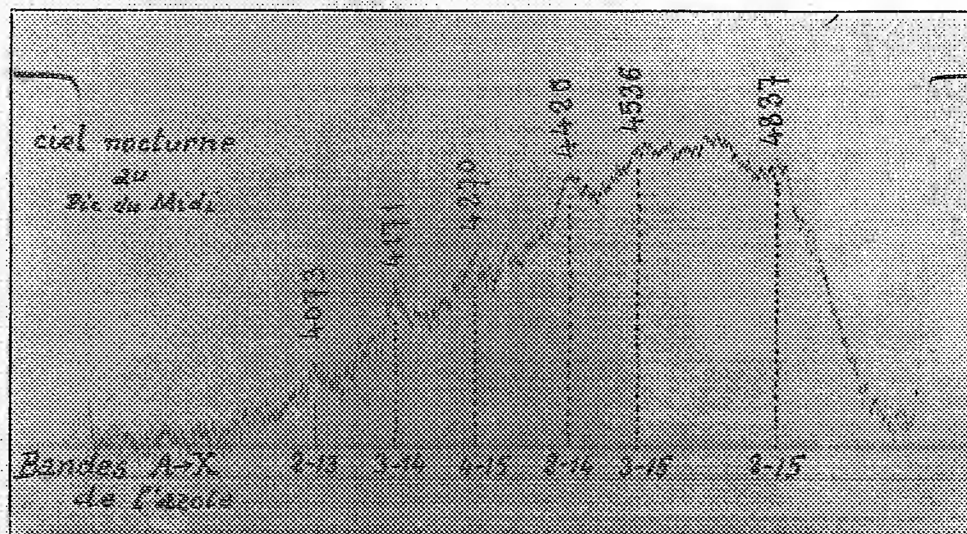
(¹) Séance du 24 avril 1935.

(²) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 306.

(³) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 878.

(⁴) *Nature*, 135, 1935, p. 229.

le tableau ci-après, nous donnons les longueurs d'onde des bandes A → X tirées de la formule d'Herzberg. Au-dessous de chaque bande, nous avons indiqué la radiation du ciel qu'on peut lui faire correspondre, avec son intensité numérotée de 0 à 5. Ce tableau met en évidence la présence dans le ciel des bandes A → X appartenant aux suites $v'' - v' = 10, 11, 12, 13$ et dont le quantum de vibration initial est voisin de 2. *Les principales bandes du ciel de l'intervalle* 3500-5000 Å *reçoivent ainsi une explication satisfaisante et qui paraît définitive pour beaucoup d'entre elles*. La figure 1 reproduit l'enregistrement d'un de nos spectres : on y reconnaît 6 des bandes de Vegard-Kaplan parmi les radiations les plus intenses du ciel. En utilisant les mesures de Vegard (¹), nous retrouvons les bandes A → X dans les spectres des aurores boréales, mais les bandes du deuxième système positif de N^2 et celles du système négatif de N^+_2 y ont une intensité telle qu'elles masquent certaines des bandes A → X.



IV. La présence établie par l'un de nous (²) du premier système positif des bandes de l'azote dans le ciel nocturne montre qu'un grand nombre de molécules N^2 de la haute atmosphère se trouvent à l'état métastable A. La vie moyenne de ces molécules métastables est longue, mais, dans la haute atmosphère, étant donné la rareté des chocs moléculaires, les retours

(¹) *Geofysiske Publikasjoner*, Oslo, 10, nº 4, 1933, p. 1-61.
(²) J. Cabannes, *Journal de Physique*, 5, 1934, p. 601.

spontanés à l'état normal avec émission des bandes *interdites* $A \rightarrow X$ deviennent possibles. On retrouve ici un phénomène analogue à celui par lequel Bowen a expliqué les raies des nébuleuses et Mc Lennan la présence dans le ciel et les aurores des raies interdites 5577 et 6303 Å de l'atome d'oxygène.

v'.	v'' = 10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
0...	3600	3886	4216	4601	5055	....	....	....	....
	3603 (V)	3889 (1)	4220 (1)	4603 (?)	5062 (2)	....	....	....	....
1...	3424	3681	3976	4316	4714	5185	....	....	....
	3426 (2)	3685 (V)	3979 (1)	4317 (1)	4719 (1)	5185 (0)	....	....	....
2...	....	3500	3765	4069	4421	4833	5321	....	....
	....	3501 (1)	3769 (V)	4073 (3)	4425 (5)	4838 (4)	5324 (0)	....	....
3...	....	....	3580	3853	4167	4531	4957	....	....
	....	....	3582 (1)	3855 (5)	4171 (5)	4536 (3)	4962 (0)	....	....
4...	....	....	....	3663	3945	4270	4647	5088	....
	....	....	....	3669 (?)	3950 (2)	4270 (4)	4650 (1)	5083 (2)	....
5...	....	....	....	....	....	4042	4378	4768	....
	....	....	....	....	....	4046 (2)	4382 (?)	4768 (1)	....
6...	....	....	....	....	....	....	4144	4491	....
	....	....	....	....	....	....	4144 (2)	4493 (1)	....
7...	....	....	....	....	....	....	3937	4249	4610
	....	....	....	....	....	....	3936 (2)	4252 (1)	4616 (2)
8...	....	....	....	....	....	....	....	....	4361
	....	....	....	....	....	....	....	....	4363 (1)

(La lettre V indique une radiation observée par Vegard dans les aurores boréales.)

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur des akènes d'apparence déficiente chez le Pissenlit.* Note [1] de M. LUCIEN DANIEL.

Le Pissenlit (*Taraxacum Dens leonis*) fait partie du petit groupe des Angiospermes apogames chez lesquelles l'embryon ne naît pas d'une cellule haploïde, mais d'un élément resté diploïde par suite de l'absence de la réduction chromatique. La cellule-mère de ses macrospores subit une seule bipartition et se prépare comme pour une réduction, mais les deux cellules-filles conservent chacune 26 chromosomes comme la cellule-mère. La supérieure écrase l'inférieure et devient le sac embryonnaire. L'embryon du Pissenlit est donc comparable à un bourgeon ordinaire, à un caïeu ou à un propagule.

---

[1] Séance du 24 avril 1935.

Si, comme on l'a prétendu, le croisement sexuel est la source unique de la variation chez les êtres vivants, les changements de milieux et les opérations d'horticulture, qui déterminent des déséquilibres excessifs de nutrition, ne peuvent introduire chez une variété quelconque de Pissenlit apogame des caractères nouveaux. Or il est facile de constater qu'à la suite de la décapitation de la racine principale au voisinage de la rosette, les pousses de remplacement qui apparaissent portent souvent des feuilles modifiées à des degrés divers et que ces modifications se reproduisent plus ou moins marquées au cours des années suivantes. On pourrait objecter qu'il s'agit de pieds ayant subi un croisement, le pollen ayant par hasard repris ses facultés germinatives et rencontré une cellule exceptionnellement haploïde chez la macrospore.

Pour éliminer cette cause d'erreur, j'ai semé des graines de Pissenlit amélioré, à feuilles géantes, dressées et dentées de façon caractéristique, qui, dans les conditions ordinaires, se maintient constant. J'ai choisi dix pieds de troisième génération aussi semblables que possible ; j'ai coupé leurs feuilles à la base, puis après les avoir arrachés, je les ai replantés serrés côte à côte, la rosette enfouie dans le sol et la racine en l'air. A la suite de ce renversement de la polarité, des bourgeons de remplacement sont apparus vers le milieu de la racine principale et ont, conformément à la loi de niveau, donné de nouvelles rosettes à la surface du sol. Les feuilles de celles-ci présentèrent des changements notables dans leur forme générale qui devint plus large et moins dentée et dans leur disposition mosaïque par rapport à la lumière solaire.

Chez ces dix exemplaires apparurent des inflorescences normales. Sur huit capitules d'âges différents, dont les involucres étaient encore complètement fermés et contenaient, par conséquent, des organes sexuels non arrivés à maturité, je sectionnai avec un rasoir les inflorescences au-dessus des anthères et des stigmates jeunes. De cette façon, j'empêchais sûrement tout croisement sexuel de se produire. Des akènes se formèrent pourtant, sauf sur deux pieds sectionnés trop près des ovaires dont le sommet fut légèrement entamé, ce qui les fit dessécher. Les akènes des six exemplaires qui avaient poursuivi leur développement furent décolorés, plissés et d'autant plus ratatinés que l'opération avait été pratiquée sur des capitules plus jeunes. En voyant leur aspect déficient, je crus qu'ils ne germeraient pas ; je les semai quand même en serre et j'eus la surprise de les voir presque tous lever. Une cinquantaine de pieds nouveaux portaient des cotylédons panachés de blanc sur fond vert ; les autres avaient leurs cotylédons entiè-

rement verts. Plantés comparativement en pleine terre, ils devinrent vigoureux comme la race mère primitive, et les feuilles ne furent pas panachées.

Laissés en place cette année, ils ont fourni pour la plupart de curieuses variations dans la forme du limbe des feuilles, dans la disposition, la forme, le nombre et les dimensions relatives des dents (*fig.* 1). Tandis que, chez quelques exemplaires, toutes les feuilles gardaient les caractères du type, chez d'autres elles devenaient spatulées ou présentaient à leur extrémité un lobe arrondi au lieu d'être pointu. Tantôt toutes les feuilles d'un

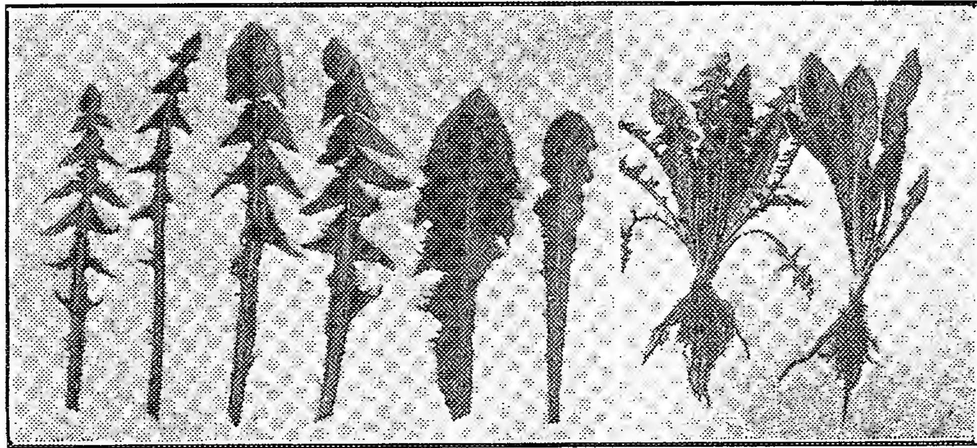


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. Formes diverses de la feuille chez des pieds de semis du Pissenlit apogame. — Fig. 2. Deux pieds, l'un à feuilles de formes variées et l'autre à feuilles toutes spatulées, presque sans dents.

même individu étaient spatulées et larges; tantôt elles étaient de formes différentes, les unes étroites et fortement dentées, les autres larges et à dents réduites ou nulles (*fig.* 2).

Vu les mesures prises pour empêcher tout croisement sexuel, les akènes étaient forcément apogames. Donc les variations des jeunes plants de semis sont la conséquence des déséquilibres excessifs de nutrition [1] causés par le changement de polarité de la racine et son sectionnement chez leur ancêtre. Dans l'apogamie, comme dans tous les autres modes de multiplication végétative, la plante ne conserve donc point, ainsi qu'on l'a

[1] Lucien Daniel, *Ann. des Sc. nat.*, *Botanique*, 8e série, 8, 1898, p. 66; *Bull. de la Soc. scient. et méd. de l'Ouest*, 11, 4e trim. 1902, p. 2 et suiv. du tiré à part.

affirmé (¹) *toutes ses propriétés, même les plus délicates, telle qu'elle a été formée dans l'œuf.* La réduction chromatique et l'amphimixie ne commandent pas toute l'hérédité.

CORRESPONDANCE.

La **Conférence Ibère-américaine**, réunie à Madrid, adresse ses condoléances à l'occasion du décès de M. *L. Joubin.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ministère de l'Éducation nationale. *La Bibliothèque nationale pendant les années* 1930-1932. *Rapport à M. le Ministre de l'Éducation nationale.*
2° Dimitri P. Riabouchinsky. *Thirty Years of Theoretical and Experimental Research in Fluid Mechanics.* (Présenté par M. L. Lecornu.)

LOGIQUE DES MATHÉMATIQUES. — *Sur les conditions de variance des propositions.* Note de M. **Georges Bouligand**, présentée par M. Élie Cartan.

La logique étant établie, si l'on examine les théories mathématiques familières en vue d'aboutir à des caractères généraux des propositions, on rencontre aussitôt le *domaine de causalité* d'une proposition ou d'un système de propositions. Les prémisses ayant été fixées, soit une proposition P d'énoncé préalablement formulé. Supposons P vraie pour un choix des objets qu'elle met en relation. Les modifications menant ainsi d'un cas d'exactitude à un nouveau forment une famille contenant, avec une modification déterminée, la modification inversée et, avec deux modifications, leur résultante. Une telle famille est donc un *groupe*, qui s'introduit lorsqu'on cherche les conditions les plus larges de validité de P; c'est pourquoi

(¹) Van Tieghem, *Traité de Botanique*, 1, 1891, p. 970.

je l'ai nommé le *domaine de causalité de* P [1]. Le passage d'une proposition isolée à un système de propositions est immédiat; car les éléments communs à plusieurs groupes forment un nouveau groupe.

L'idée de prémisses immuables étant écartée, il se peut que P garde un sens et continue à être vraie par élargissement des prémisses. Par exemple, si P énonce, dans l'espace euclidien, la constance de longueur d'un segment qui demeure orthogonal aux déplacements de ses extrémités, P peut se transférer sans altération dans une géométrie riemannienne de métrique arbitraire, les géodésiques remplaçant les droites. La notion du domaine de causalité de P subsiste alors tout en se déployant sur une infinité de systèmes de géométrie (en général, non holonomes).

Poursuivant les considérations de variance invoquées ci-dessus, on rencontre, pour de larges classes de propositions, un nouveau caractère : le fait qu'elles sont ou *stables* ou *instables* [2]. Admettons les conditions suivantes : dans un champ de prémisses défini, soit le théorème ($H_0 \rightarrow C_0$) dont l'hypothèse H_0 et la conclusion C_0 sont des assertions soumettant certains objets à des conditions précises; la flèche symbolise l'implication. Supposons qu'on ait la notion d'une assertion H_ε arbitrairement voisine de H_0 et d'une assertion C_η arbitrairement voisine de C_0, ces voisinages pouvant être appréciés par les nombres positifs ε, η ou *modules de déplacement* (de l'hypothèse, de la conclusion). Alors, si pour toutes modifications des objets considérés, l'évanescence de ε requiert celle de η [3], le théorème sera *stable;* si l'évanescence de ε se concilie par contre avec une famille de modifications desdits objets laissant η surpasser un nombre positif fixe, le théorème sera *instable.*

On prévoit que les manières de définir ε, η pourront influencer le caractère stable ou instable du théorème.

Soit maintenant X une *proposition ambiguë*, c'est-à-dire susceptible d'être tantôt vraie, tantôt fausse, à l'exemple des énoncés suivants dans l'espace usuel E_3 : trois points déterminent un seul plan; les surfaces d'annulation de trois polynomes en x, y, z, de degrés m, n, p à coefficients arbi-

---

(1) G. Bouligand, *Rev. gén. des Sc.*, 40, 1930, p. 42; 45, 1934, p. 322; *La causalité des théories mathématiques* (fasc. 184 des *Act. sc. et Ind.*, Paris, 1934, p. 17-20).

(2) G. Bouligand, *Bull. Ac. Roy. des Sc. de Belgique*, 5e série, 21, 1935, p. 277-282.

(3) On envisage ici toutes modifications possibles à partir d'un cas d'exactitude *quelconque* du théorème initial et l'on suppose qu'on puisse écrire *uniformément* $\eta < f(\varepsilon)$, la fonction positive f étant infiniment petite avec ε.

traires, ont en commun *mnp* points distincts, réels ou imaginaires, etc. Supposons que la valeur logique de X soit fixée par la détermination d'un point M dans un certain espace S : cette valeur s'exprime alors, dans cet espace, par la fonction caractéristique de l'ensemble ponctuel V sur lequel X est vraie. Un cas important est celui où le seul déplacement admis de l'hypothèse correspond dans S, supposé *distanciable*, au passage du point M à un autre point M'. Le module ε est alors la distance MM'. La conclusion consiste en ce que X est vraie ou non vraie. Si S est de plus *compact en soi*, et si S — V est un ensemble fermé dépourvu de point intérieur, en chaque point M de l'ensemble V, l'énoncé : X *est vraie*, sera stable (stabilité *de permanence*, ou à conclusion fixe) et l'énoncé : X *n'est pas vraie*, valable sur S — V, sera instable. C'est justement ce qui a lieu dans la recherche des points d'intersection de trois surfaces algébriques, les coordonnées homogènes qui fixent un point de S étant les coefficients des polynomes correspondants. La possibilité de remarques analogues s'applique au premier exemple, ainsi qu'à des problèmes de détermination de courbes ou de surfaces algébriques.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la corrélation au sens des modes.* Note de M. **Carlos E. Dieulefait**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit $f(x, y)$ l'expression d'une surface de fréquences et soient

$$\int f(x, y)\, dy = \varphi(x) \qquad \text{et} \qquad \int f(x, y)\, dx = \rho(y)$$

les fonctions marginales. Les intégrales sont supposées étendues au domaine de variation des variables (x, y).

Soient

$$\mu_{s,j} = \iint f(x, y)\, x^s y^j\, dx\, dy$$

les moments doubles. Pour $s + j \leqq 4$ et $i, k \leqq 4$ dans $\mu_{i,0}$, $\mu_{0,k}$, on a le développement approché

$$f(x, y) = \varphi(x)\rho(y)\,[1 + Axy + Bx\,T_2(y) + Cy\,T_2(x) + D\,T_2(x)\,T_2(y)] \tag{1}$$

avec

$$T_2(x) = x^2 - \sigma_x\sqrt{\beta_{10}}\,x - \sigma_x^2, \qquad T_2(y) = y_2 - \sigma_y\sqrt{\beta_{01}}\,y - \sigma_y^2,$$

$$\mathbf{A} = \frac{r}{\sigma_x\sigma_y}, \qquad \mathbf{B} = -\frac{\sigma_x}{\mu_{20}\mu_{02}}\,\frac{q_{12} - r\sqrt{\beta_{01}}}{\beta_{02} - \beta_{01} - 1},$$

et

$$C = \frac{\sigma_y}{\mu_{20}\mu_{02}} \frac{q_{21} - r\sqrt{\beta_{10}}}{\beta_{20} - \beta_{01} - 1}, \qquad D = \frac{1}{\mu_{20}\mu_{02}} \frac{q_{22} - q_{21}\sqrt{\beta_{01}} - q_{12}\sqrt{\beta_{10}} + r\sqrt{\beta_{10}\beta_{01}} - 1}{(\beta_{20} - \beta_{10} - 1)(\beta_{02}\beta_{01} - 1)},$$

étant

$$q_{s,j} = \frac{\mu_{sj}}{\mu_{20}^{\frac{s}{2}}\mu_{02}^{\frac{j}{2}}}, \qquad \beta_{0,1} = \frac{\mu_{03}^2}{\mu_{02}^3}, \qquad \beta_{0,2} = \frac{\mu_{04}}{\mu_{02}^2}, \qquad \sigma_y^2 = \mu_{2,0},$$

pour maintenir les notations répandues de K. Pearson.

2. Pour Galton-Pearson, la ligne de régression $\bar{y}_x$ est

$$\bar{y}_x = \frac{\int f(x, y) y \, dy}{\varphi(x)} = F(x).$$

Au point de vue biométrique, les valeurs types ou des modes des y liées aux x sont données par la fonction

$$(2) \qquad \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} = 0.$$

Indiquons par $\bar{y}_{m_x} = M(x)$ sa solution explicite. Si $f(xy) = \varphi(x)\Phi_x(y)$ et si $\Phi_x(y)$ est une fonction symétrique : $F(x) = M(x)$. C'est ce qui arrive par exemple pour la surface de Bravais, mais pas en général. On doit à l'influence de Quetelet, qui croyait à l'université de la loi de Laplace-Gauss, la préférence pour $F(x)$ au lieu de $M(x)$. Le choix s'imposa aussi jusqu'ici par manque d'une expression mathématique générale des surfaces de fréquences que nous avons donnée [1] et dont la formule (1) n'est qu'un développement approché, adapté aux recherches statistiques.

L'égalité (2) appliquée à l'expression (1) nous donne

$$(3) \qquad \frac{Ax + C\,T_2(x) + [Bx + D\,T_2(x)]T'_2(y)}{1 + Axy + Bx\,T_2(y) + Cy\,T_2(x) + D\,T_2(x)T_2(y)} = -\frac{\rho'(y)}{\rho(y)},$$

mais

$$(4) \qquad \frac{\rho'(y)}{\rho(y)} = -\frac{\gamma_0 + y}{\delta_0 + \delta_1 y + \delta_2 y^2}$$

est l'équation de K. Pearson, qui détermine la marginale $\rho(y)$ dans nos mêmes approximations ; car les paramètres $\gamma_0 = \delta_1$, δ_0 et δ_2 dépendent des μ_{02}, μ_{03} et μ_{04}. Éliminant $\rho'(y)/\rho(y)$ entre les formules (3) et (4) et faisant dis-

(1) Voir C. DIEULEFAIT, *Biometrika*, 26, Parts III et IV, 1934, p. 379.

paraître les dénominateurs, on arrive à une expression telle que

$$R(x)y^3 + S(x)y^2 + U(x)y + V(x) = 0;$$

d'où l'on déduit $\bar{y}_{m_x} = M(x)$ par des procédés algébriques, ce qui donne la solution de l'équation générale (2).

3. L'adoption de $M(x)$ au lieu de $F(x)$ oblige à introduire un nouveau coefficient de corrélation au sens des modes. On pourra prendre

$$\lambda^2 y_{m_x} = 1 - \frac{\Sigma^2 y_{m_x}}{\sigma_y^2 - 2\int \varphi(x)\,\bar{y}_x \bar{y}_{m_x}\,dx + \mathrm{Max}\left(\bar{y}_{m_x}^2\right)}$$

avec

$$\Sigma^2 y_{m_x} = \iint f(xy)\,[y - M(x)]^2\,dx\,dy.$$

Pour $\lambda^2 y_{m_x} = 1$ on a une relation fonctionnelle entre x, y. Pour $\lambda^2 y_{m_x} = 0$, il s'ensuit que $\bar{y}_{m_x} = \bar{y}_m$, $\bar{y}_m$ étant le mode de $\rho(y)$, c'est-à-dire que, dans ce cas, il n'y a pas de corrélation au sens des modes.

4. On peut ainsi donner un coefficient de corrélation au double sens. Tel est par exemple

$$L^2 y_x = 1 - \frac{\Sigma^2 y_{m_x}}{\sigma_y^2 + \mathrm{Max}\,(\bar{y}_x - \bar{y}_{m_x})^2},$$

puisque si $L^2 y_x = 0$, il s'ensuit que $\bar{y}_x = \bar{y}_x = 0$ et $\bar{y}_{m_x} = \bar{y}_m$; c'est-à-dire : absence de corrélation dans les deux sens.

5. L'application de ces principes devient très simplifiée si, au lieu du développement général (1), on adopte pour $\varphi(x)$ et $\rho(y)$ les expressions données par K. Pearson dans son répertoire des courbes de fréquences.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques inégalités pour les polynomes dont les premiers coefficients sont donnés.* Note de M. **J. Geronimus**.

1. Soit

$$G(\theta) = \mathrm{P.R.}\sum_{k=0}^{n} \bar{c}_k\, e^{i(n-k)\theta}$$

un polynome trigonométrique d'ordre $\leqq n$ dont les premiers coefficients c_0, c_1, ..., c_s sont donnés.

On a l'inégalité suivante :

$$(1) \qquad L(G) = \int_0^{2\pi} |G(\theta)|\,d\theta \geqq 4|c_s|, \qquad s \leqq \left[\frac{2n-1}{3}\right],$$

l'égalité n'ayant lieu que pour le polynome

$$G^*(\theta) = [A + \text{P.R.}\,\bar{c}_s z^{n-s}]\left\{1 + 2\,\text{P.R.}\sum_{k=0}^{s-1}\frac{\bar{c}_k}{\bar{c}_s}z^{s-k}\right\} \qquad (z = e^{i\theta}) \tag{2}$$

avec $A = 0$ et sous la condition que le polynome entre accolades ne change pas de signe.

Si notre polynome est non négatif, la valeur minimale correspondante de $L(G)$ sera $\pi/2$ fois plus grande que (1) et le polynome réalisant ce minimum est encore $G^*(\theta)$ avec $A = |c_s|$.

Si $s = 1$, c'est-à-dire si c_0 et c_1 sont donnés, on a

$$L(G) = \int_0^{2\pi} |G(\theta)|\,d\theta \geqq \begin{cases} 4|c_1| & (|c_1| \geqq 2|c_0|), \\ 4|c_0|\left\{1 + \dfrac{1}{4}\left|\dfrac{c_1}{c_0}\right|^2\right\} & (|c_1| \leqq 2|c_0|). \end{cases} \tag{3}$$

Pour le polynome non négatif, les valeurs minimales correspondantes de $L(G)$ seront $\pi/2$ fois plus grandes que (3).

2. Soit

$$Q(x) = \sum_{k=0}^{n} \sigma_k x^{n-k}$$

un polynome de degré $\leqq n$ dont les premiers coefficients $\sigma_0, \sigma_1, \ldots, \sigma_s$ sont donnés.

Si n augmente indéfiniment tandis que s reste fini, on a les inégalités asymptotiques (en supposant que les coefficients donnés sont tous de même ordre)

$$L(Q) = \int_{-1}^{1} |Q(x)|\,dx \geqq \frac{|\sigma_0|\,n^{\frac{s}{2}}}{2^{n-1}\,\frac{s}{2}!} \qquad (s \text{ pair}), \tag{4'}$$

$$L(Q) = \int_{-1}^{1} |Q(x)|\,dx \geqq \begin{cases} \dfrac{|\sigma_1|\,n^{\frac{s-1}{2}}}{2^{n-2}\,\frac{s-1}{2}!} & (|\sigma_1| \geqq |\sigma_0|) \\ \dfrac{|\sigma_0|\,n^{\frac{s-1}{2}}}{2^{n-1}\,\frac{s-1}{2}!}\left\{1 + \left(\dfrac{\sigma_1}{\sigma_0}\right)^2\right\} & (|\sigma_1| \leqq |\sigma_0|) \end{cases} \qquad (s \text{ impair}). \tag{4''}$$

Si le polynome est non négatif sur le segment $(-1, +1)$, les valeurs minimales correspondantes de $L(Q)$ seront $\pi/2$ fois plus grandes que (4') et (4'').

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension de la condition de convergence des théorèmes inverses de sommabilité.* Note de M. V. **Avakumović**, présentée par M. Jacques Hadamard.

M. Karamata a montré [1] que la condition de convergence des théorèmes inverses de sommabilité relatifs aux intégrales de Laplace $\int_0^\infty e^{-\sigma t}\, d\{A(t)\}$ peut prendre la forme suivante :

$$(K_\rho) \qquad \rho(x')A(x') - \rho(x)A(x) > -w(\lambda)\rho(x) \quad \text{pour tout } 0 < x \leqq x' \leqq \lambda x,$$

où la fonction $\rho(x)$ est assujettie à être non décroissante et à satisfaire en outre à certaines conditions supplémentaires. J'ai montré ensuite, dans une Note actuellement sous-presse (Académie Yougoslave), que la monotonie de $\rho(x)$ peut être remplacée par la condition plus générale

$$(\text{R-O}) \qquad 0 < m \leqq \frac{\rho(x')}{\rho(x)} < M \quad \text{pour tout } 0 < x \leqq x' \leqq \lambda x,$$

tout en ayant conservé encore quelques conditions secondaires [ces conditions étant, en particulier, remplies lorsque $\rho(x)$ est à croissance régulière]. Or le théorème reste valable sous la seule hypothèse que $\rho(x)$ appartienne à *la classe* R-O [c'est-à-dire satisfasse à la condition (R-O)], et l'on peut démontrer en premier lieu le

Théorème O. — *Soit* $A(t)$ *à variation bornée pour* $t > 0$, *et soit*

$$J(\sigma) = \int_0^\infty e^{-\sigma t}\, d\{A(t)\} = \sigma \int_0^\infty e^{-\sigma t} A(t)\, dt$$

convergent pour $\sigma > 0$; *de*

$$(1) \qquad J(\sigma) = O(1), \qquad \sigma \to 0,$$

résulte

$$(2) \qquad A(t) = O(1), \qquad t \to \infty,$$

toutes les fois que la condition de convergence (K_ρ) *est remplie avec une fonction quelconque* $\rho(x)$ *de la classe* R-O.

---

[1] *Publ. Math. de l'Univ. de Beograd*, 2, 1933, p. 1-16.

En second lieu, la reproduction de la démonstration de M. Karamata donne, une fois le théorème O établi, le

THÉORÈME o. — *S'énonce comme le théorème O, en y remplaçant dans* (1) *et* (2) O *par* o *et la condition* (K_ρ) *par*

$$\liminf_{x=\infty} \min_{x \leqq x' \leqq \lambda x} \frac{\{\rho(x')A(x') - \rho(x)A(x)\}}{\rho(x)} > -\varpi(\lambda) \to 0 \quad \text{lorsque } \lambda \to 1.$$

La marche de la démonstration du théorème O est, en principe, la même que celle suivie par M. Karamata dans [1]. Toutefois, on est obligé d'une part, de remplacer, dans une partie de la démonstration, la relation (1) par

(3) $$I(\sigma) = \sigma \int_0^\infty e^{-\sigma t}(1 - e^{-\sigma t})^n A(t)\,dt = O(1), \qquad \sigma \to 0,$$

et d'autre part, en posant

(4) $$A^*(t) = \max_{t \geqq t' \geqq 0} \{-A(t')\}$$

de prouver que $A^*(t)$ appartient à la classe R-O lorsque $A(t)$ satisfait à la condition (K_ρ). En se servant alors, d'une part de la relation

(5) $$m\left(\frac{y}{x}\right)^{-k} < \frac{\rho(y)}{\rho(x)} < M\left(\frac{y}{x}\right)^K \qquad \text{pour tout } y \geqq x,$$

équivalente à (R-O), et d'autre part de l'inégalité

(6) $$\rho(y)A(y) - \rho(x)A(x) > -\varpi(\lambda)\rho(x) - \frac{\varpi(\lambda)}{m \log\lambda} \int_x^y \frac{\rho(t)}{t}\,dt \qquad \text{pour tout } y \geqq x,$$

équivalente à la condition (K_ρ), la démonstration s'effectue par la bissection des intégrales $J(\sigma)$ et $I(\sigma)$ de la manière suivante [2] :

a. En posant

$$J(\sigma) = \sigma \int_0^T e^{-\sigma t} A(t)\,dt + \sigma \int_T^\infty e^{-\sigma t} A(t)\,dt = J_1 + J_2 \qquad \text{avec } \sigma T = 1,$$

puis en minorant J_1 par (4) et J_2 par (6), on obtient, en tenant compte de (1) et (5),

(7) $$A(T) < C A^*(T) + C', \qquad C > 0, \quad C' > 0$$

ne dépendant pas de T.

---

(1) *Math. Zeits.*, 37, 1933, p. 582-588.

(2) Le détail du calcul est à peu de choses près celui de ma Note antérieurement citée.

b. En posant

$$I(\sigma)=\int_0^T+\int_T^\infty=I_1+I_2 \qquad \text{avec } \sigma T=a,$$

puis en majorant I_1 par (6) et I_2 d'abord par (7) [ensuite par l'inégalité (5) relative à $A^*(t)$], on obtient, d'après (3) et (5),

$$(8) \qquad -A(T)<\frac{c}{a}A^*(T)+c(a) \qquad \text{avec } c>0, \quad c(a)>0$$

et indépendants de T.

La fonction $A^*(t)$ étant, d'après (4), la plus petite fonction non décroissante $\geqq -A(t)$, il s'ensuit, d'après (8), que

$$A^*(t)\leqq\frac{c}{a}A^*(t)+c(a),$$

c'est-à-dire $A^*(t)=O(1)$ (car a peut toujours être choisi $>c$); il en résulte, d'après (7) et (8), l'affirmation (2).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème de M. Carleman concernant les fonctions analytiques.* Note de M. **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous avons traité (¹) le problème suivant, posé par M. Carleman :

A. *Quelles conditions nécessaires et suffisantes faut-il imposer à la suite* $\{m_n\}$, *pour que toute fonction* $f(x)$ *vérifiant les inégalités* $|f^{(n)}(x)|<m_n$, $(a\leqq x\leqq b;\ n=0,1,\ldots)$, *soit analytique ?*

Dans la Note citée, nous avons envisagé ce problème comme cas particulier d'un problème plus général, également posé par M. Carleman, mais nous ne l'avons alors résolu que pour les fonctions périodiques. Dans les lignes qui suivent, nous donnons la réponse complète à la question A, sans imposer aucune restriction aux fonctions envisagées.

L'idée essentielle qui permet de résoudre ce problème consiste à remplacer la fonction $T(r)$ qui figure dans la Note précédente par la fonction $S(r)$ qui est le maximum de r^n/m_n lorsqu'on ne donne à n que des valeurs entières *non supérieures à r*. Nous démontrons notamment le théorème suivant.

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1272. Dans cette Note, à la page 1272, *au lieu de* $\overline{m}_n$ est l'ordonnée..., *lire* $\log\overline{m}_n$ est l'ordonnée....

THÉORÈME I. — *La condition nécessaire et suffisante, pour que toute fonction vérifiant les inégalités*

$$(1) \qquad |f^{(n)}(x)| < m_n \qquad (a \leqq x \leqq b;\ n = 0, 1, \ldots)$$

soit analytique dans l'intervalle fermé (a, b), *est qu'il existe une constante position* α, *telle que, pour* $r > r_0$, *on ait :*

$$(2) \qquad S(r) = \max_{0 \leqq n \leqq r} \frac{m_n}{r^n} > e^{\alpha r} \qquad (\alpha > 0,\ r > r_0).$$

Cette condition est aussi nécessaire et suffisante pour que toute fonction de la classe $C_{\{m_n\}}$ soit analytique.

DÉMONSTRATION. — 1° *La condition* (2) *est nécessaire.* — Posons $a = -1/2$, $b = 1/2$. En posant

$$T_n(x) = \text{arc}\cos x = \frac{1}{2}\left[(x + \sqrt{x^2 - 1})^n + (x - \sqrt{x^2 - 1})^n\right],$$

on voit d'après la formule de Cauchy

$$T_n^{(q)} = \frac{q!}{2\pi i}\int_{C_R} \frac{T_n(z)\,dz}{(z - x)^{q+1}} \qquad (1 \leqq q \leqq n),$$

où $(-1/2 \leqq x \leqq 1/2)$, et où C_R est l'ellipse de foyers -1, 1 et de demi-somme d'axes égale à $R = 1 + q/n$, que

$$|T_n^{(q)}(x)| < h k^q n^{q+1}\left(-\frac{1}{2} \leqq x \leqq \frac{1}{2}\right) \quad \text{avec} \quad h = \frac{8e}{\sqrt{3}}, \qquad k = 4\sqrt{\frac{e}{3}}.$$

Il en résulte que la fonction

$$\varphi(x) = C\sum_{p=1}^{\infty} \frac{T_{3p}(x)}{p^2 S(3kp)} \qquad \left(C = \frac{1}{3h\sum_{\nu=1}^{\infty}\frac{1}{\nu^2}}\right)$$

vérifie les inégalités (1) lorsque $-1/2 \leqq x \leqq 1/2$. On a, en effet, en vertu de la définition même de $S(r)$,

$$|\varphi^{(q)}(x)| \leqq C\sum_{p \geqq \frac{q}{3}}^{\infty} \frac{|T_{3p}^{(q)}(x)|}{p^2 S(3kp)} \leqq C\frac{m_q}{(3k)^q}\sum_{p \geqq \frac{q}{3}} \frac{hk^q(3p)^{q+1}}{p^{q+3}} \leqq m_q.$$

Si toute fonction vérifiant (1) est analytique, la fonction $\varphi(x)$ l'est

aussi; par conséquent les fonctions

$$F(\theta) = \varphi(\cos\theta) = C\sum_{p=1}^{\infty} \frac{\cos 3p\theta}{p^3 S(3kp)}, \qquad \Phi(\psi) = C\sum_{p=1}^{\infty} \frac{\cos p\psi}{p^3 S(3kp)} = \sum_{p=1}^{\infty} d_p \cos p\psi$$

sont analytiques respectivement dans les intervalles $\pi/3 \leqq \theta \leqq 2\pi/3$ et $0 \leqq \psi \leqq 2\pi$. Il existe par conséquent une constante positive β, telle que $0 < d_p < e^{-\beta p}(p > p_0)$. Il existe donc une constante positive γ telle que $S(3kp) > e^{\gamma p}(p > p_1)$. Comme $S(r)$ est une fonction croissante, notre condition en résulte immédiatement.

2° *La condition* (2) *est suffisante.* — Posons $a = -1$, $b = 1$. D'après un théorème de M. Jackson, on sait que la meilleure approximation $E_n(f)$ de la fonction $f(x)$ vérifiant (2), vérifie les inégalités : $E_n(f) < L^p m_p / n^{p-1} (p \leqq n)$, où L est une constante que nous pouvons supposer > 1. On peut donc écrire, en vertu de (2),

$$E_n(f) \leqq \frac{n}{S\left(\frac{n}{L}\right)} < n e^{-2\gamma n} < e^{-\gamma n}, \quad (\gamma > 0;\ n > n_0);$$

il en résulte alors, d'après un théorème de M. S. Bernstein [1], que $f(x)$ est une fonction analytique.

3° Considérons, dans le plan xOy, les points P_n de coordonnées $(n, \log m_n)$; $\omega(t)$ étant une fonction donnée de $t(-\infty < t < \infty)$, désignons par P_{n_i} les points P_n qui jouissent de la propriété suivante : à chacun de ces points $P_{n_i}(i = 1, 2, \ldots)$ correspond une valeur t telle que ce point se trouve sur un segment de droite dont la projection sur Ox est le segment $O \leqq x \leqq \omega(t)$, et dont la projection sur Oy est de longueur $t\omega(t)$, aucun point P_n de la bande $O \leqq x \leqq \omega(t)$ ne se trouvant au-dessous de ce segment; t_i étant la borne supérieure de toutes les valeurs de t correspondant de la manière indiquée à P_{n_i}, traçons le segment L_i aboutissant en P_{n_i}, se projetant sur Ox suivant le segment (ouvert à droite) $n_i \leqq x < n_{i-1}$, et sur Oy suivant un segment de longueur $t_i(n_{i+1} - n_i)$.

A chaque entier $n(n_i \leqq n < n_{i+1})$ faisons correspondre le point $P_n^{(\omega)}$ de L_i dont l'abscisse est n; et désignons par $m_n^{(\omega)}$ la quantité dont le logarithme est l'ordonnée de $P_n^{(\omega)}$. Il est évident que si $\omega(t) = \infty(-\infty < t < \infty)$ alors $m_n^{(\omega)} = m_n^{(\infty)} - \overline{m}_n$ quantité introduite dans la Note citée. Nous posons main-

[1] *Leçons sur les propriétés extrémales*, Paris, 1926, p. 112.

tenant $\omega(t) = \exp. t = e^t$, et nous écrivons alors $m_n^{(\omega)} = m_n^{(\exp.)}$. Il est facile de constater que

Théorème II. — *La condition* (2) *est équivalente à la suivante :*

$$\lim_{n=\infty} \frac{\sqrt[n]{m_n^{(\exp.)}}}{n} < \infty.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarques sur la définition des fonctions presque analytiques de M. Lavrentieff.* Note de M. **Simon Stoïlow**, présentée par M. Hadamard.

1. M. Lavrentieff [1] a introduit et étudié, sous le nom de fonctions *presque analytiques* d'une variable complexe z, une classe intéresssante de représentations continues

(1) $$W = f(z),$$

dont les fonctions analytiques ordinaires constituent un cas particulier.

Le but de la présentent Note est de faire remarquer que les deux premières conditions de M. Lavrentieff, conditions qui constituent la *partie topologique* de sa définition, reviennent à la définition des transformations intérieures, à savoir : transformations continues ayant pour invariants l'*ensemble ouvert* et le *continu compact*. L'étude directe de ces transformations [2] montre donc tout ce que l'on peut tirer des deux premières conditions de M. Lavrentieff en écartant, tout d'abord, sa troisième condition (qui précisera ensuite les caractères *métriques* des fonctions qu'il envisage).

2. L'ensemble (E) des points autour desquels, selon la deuxième condition de M. Lavrentieff, la représentation peut n'être pas localement homéomorphe est, par hypothèse, dénombrable et fermé. Comme, d'autre part, toute transformation homéomorphe localement est une transformation intérieure, tout revient à démontrer que, si une représentation continue d'un domaine plan est une transformation intérieure autour de chacun des points de ce domaine, sauf peut-être autour des points qui appartiennent à un certain ensemble (E), dénombrable et fermé, la représentation est nécessairement une transformation intérieure dans *tout* le domaine, sans exception.

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1010.

(2) *Annales scient. de l'École Normale*, 45, 1928, p. 347 et *Annales de l'Institut Henri Poincaré*, 2, 1932, p. 237.

S'il n'en était pas ainsi il y aurait [dans (E)] un point p (d'image P, par la représentation continue donnée) tel que tout ensemble, situé dans un certain voisinage (v) de p, qui aurait en p un point intérieur, aurait pour image un ensemble dont P serait point frontière.

Soit alors (γ) une courbe fermée simple entourant p et comprise dans (v), courbe que l'on peut choisir [à cause des hypothèses concernant la représentation continue et (E)] de manière que, sur (γ), il n'y ait aucun point d'image P. Soit (d) le domaine fermé et borné dont (γ) est la frontière. L'image (D) de (d) est encore un domaine borné et fermé [car (d) — (E) est dense dans (d)] et P est sur la frontière de (D). Nous allons montrer que cette dernière circonstance conduit à une contradiction.

Dans tout voisinage de P, il y a nécessairement [(D) étant domaine fermé] une infinité *non* dénombrable de points frontière de (D). Or ces points ne peuvent provenir que de la transformation de points de (γ) ou de (E). Comme (E) est dénombrable, il y en a certainement qui proviennent de points de (γ) et il y a donc sur (γ) un point qui a pour image P, ce qui contredit les conditions dans lesquelles nous avons choisi (γ).

3. Il résulte de là (*Annales de l'Institut H. Poincaré, loc. cit.*) que, pour toute fonction presque analytique (¹), il existe une transformation topologique

$$z = t(z')$$

du domaine de la variable z, telle que

$$f[t(z')]$$

est une fonction analytique au sens ordinaire du mot.

Toutes les propriétés *topologiques* des fonctions presque analytiques sont donc les mêmes que celles des fonctions analytiques.

Si, dans la définition de M. Lavrentieff, on remplace la condition 3° (condition métrique) par l'une des conditions de M. Menchoff (¹) on est conduit aux fonctions analytiques par la même voie.

(¹) *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 59, 1931, p. 141.

PHYSIQUE. — *Sur le viscosimètre constitué par une sphère en rotation au sein d'un fluide.* Note de M. **Amédée Guillet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Avec l'appareil précédemment décrit (¹), il est facile d'obtenir une mesure du coefficient de viscosité d'un liquide, d'une huile minérale ou végétale par exemple. En suivant, pour l'huile d'olive, les variations de η avec la température τ, on constate que la courbe $\eta = f(\tau)$ coïncide avec celle que donne la méthode d'écoulement en régime de Poiseuille. Il y a donc accord entre le calcul théorique et l'expérience pour des translations ou des rotations laminaires cylindriques.

En est-il de même lorsque l'on substitue au cylindre un autre solide de révolution, une sphère par exemple?

Pour le voir il est commode de se servir des hémisphères de Magdebourg. Soit S_1 la sphère creuse, de rayon R_1 ainsi constituée; R_0 le rayon de la sphère S_0 suspendue au fil de torsion à l'intérieur de S_1 et centrée sur S_1. Le liquide à étudier est introduit dans la cavité $S_1 S_0$ par l'orifice où passe la tige de suspension de S_0 et évacué par un ajutage fixé au-dessous du robinet destiné aux rentrées d'air dans l'emploi normal des hémisphères. S_0, S_1 peuvent servir d'armatures ou d'électrodes lorsqu'on désire suivre l'effet d'un champ électrique, d'une polarisation ou d'une nappe de courants radiants.

Le moment $\mathfrak{M}$ du couple de viscosité appliqué à la sphère S_0 lorsque celle-ci tourne autour du diamètre vertical, se mesure comme dans le cas du cylindre. La capacité $S_1 S_0$ est d'abord entièrement occupée par le liquide, puis, par écoulement d'un volume Δv du liquide, on porte la surface libre à la distance z du centre commun à S_1 et S_0. On a

$$\Delta v = \frac{2\pi}{3} R_1^3 - \pi z R_1^2 + \frac{1}{3}\pi z^3 \qquad \text{ou} \qquad \Delta v = \frac{2\pi}{3}(R_1^3 - R_0^3) - \pi z (R_1^2 - R_0^2),$$

selon que la surface libre ne rencontre pas ou rencontre S_0.

Voyons tout d'abord les *hypothèses* liées aux vues de Navier et de Stokes qui conduisent à une expression théorique $\mathfrak{M}'$ du moment de la réaction exercée par le fluide sur la sphère en rotation S_0.

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 442.

Il est naturel, lorsque l'appareil est plein de liquide, d'admettre l'existence d'un régime permanent tel que les molécules réparties sur une même surface sphérique S de rayon ρ centrée sur $S_1 S_0$ tournent ensemble avec une vitesse angulaire ω qui devient $\omega + \delta\omega$ sur la sphère S' de rayon $\rho + d\rho$. Les points M, M' situés sur un rayon faisant l'angle γ avec l'axe de rotation, étant distants de cet axe de r et $r + \delta r$, ont pour mesures respectives les produits ωr, $(\omega + \delta\omega)(r + \delta r)$ d'où la variation $\delta v = \omega\,\delta r + r\,\delta\omega$ entre M et M'. Le gradient de vitesse en M est donc

$$\frac{\delta v}{\delta \rho} = \omega \sin\gamma + r\frac{\delta\omega}{\delta\rho}.$$

Comme la *friction interne* à laquelle Newton a rapporté les effets de viscosité, ne peut provenir que du déplacement relatif des particules, le terme $\omega \sin\gamma$ est inopérant comme répondant à une rotation commune des particules. Admettons encore d'autre part que la force de viscosité df appliquée à la zone $d\gamma$ d'aire dS a pour expression $\eta\, dS\, \delta v/\delta\rho$, qu'elle est tangente à la zone et a même direction que la vitesse v, le moment des actions tangentielles exercées sur toute la surface S est alors

$$(1)\qquad \mathfrak{M}' = \eta . 2\pi\rho^4 \frac{\delta\omega}{\delta\rho}\int_0^\pi \sin^3\gamma\, d\gamma = \eta\frac{8\pi}{3}\rho^4\frac{\delta\omega}{\delta\rho},$$

Pour que la lame sphérique SS' conserve une certaine vitesse angulaire ω il faut que pour cette valeur de ω le moment total appliqué à la lame SS' soit nul, ce qui aura lieu évidemment si ω est indépendant de ρ. Intégrant (1) dans cette hypothèse et tenant compte de ce que $\omega = \omega_0$ sur S_0 et par exemple $\omega_1 = 0$ sur S_1, il vient

$$\mathfrak{M}' = \eta . 8\pi\omega_0 \frac{R_0^3 R_1^3}{R_1^3 - R_0^3} = \eta . 16\pi^2 \nu R_0^3 \frac{1}{1 - x^3}, \qquad \text{où} \quad x = \frac{R_0}{R_1}.$$

Et maintenant que donne l'expérience ?

Pour une sphère de laiton de rayon $R_1 = 3^{cm},113$ ($T_1 = 11,35$ secondes $I = 3879,16$) et avec $R_1 = 5^{cm},82$, on a $\mathfrak{M} = 4\pi^2 I/T_1^2 . \alpha = 61,92 . n$, $\mathfrak{M}' = 5619\eta$. Si donc *on pose* $\mathfrak{M} = \mathfrak{M}'$, il vient $\eta = 0,0110 n$ où n est le recul de l'aiguille exprimé en divisions du disque. En construisant à l'aide de ce viscosimètre S_1, S_0 la courbe $\eta = \varphi(\tau)$, on constate qu'elle ne coïncide avec celle obtenue plus haut qu'après en avoir divisé les ordonnées par un certain coefficient, égal ici à 1,44. La courbe $\mathfrak{M} = F(z)$ relative à l'abaissement progressif du niveau est très régulière et ne présente aucune

particularité. Si $\mathfrak{M}_i$ est le moment initial, $z = R_1$, le moment au passage par l'équateur est $\mathfrak{M} = 0,65\ \mathfrak{M}_i(z = 0)$ et il faut abaisser le niveau d'environ $1^{cm},18$ au-dessous de l'équateur pour que $\mathfrak{M} = 0,5\ \mathfrak{M}_i$.

Consécutivement à l'arrêt brusque du moteur la sphère tourne encore d'un angle β de l'ordre $\sqrt{\alpha^2 + \nu^2 T_1^2}$ puis oscille. Malgré des rotations prolongées, des arrêts et remises en marche souvent renouvelés, le fil convenablement traité et monté, conserve son zéro.

Le fait que des viscosimètres, absolus au même titre, leurs formules étant en effet établies à partir des mêmes considérations hydrodynamiques, ne donnent pas la même valeur pour η semble devoir être rapporté à quelque insuffisance dans les hypothèses de calcul adoptées, et rappelées plus haut.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur les changements brusques de vitesse et de direction présentés par les trajectoires d'électrons de grande énergie.* Note (¹) de M. **Louis Leprince-Ringuet**, transmise par M. Maurice de Broglie.

1. L'étude des corpuscules du rayonnement cosmique pose un grand nombre de problèmes qu'il est fort difficile de résoudre, vu la différence des propriétés que l'on constate entre eux et les rayonnements radioactifs bien étudiés. On peut espérer avoir des éclaircissements sur ces problèmes et se faire une idée de la variation des propriétés lorsqu'on passe des énergies des rayons bêta habituels à celles des rayons cosmiques en étudiant des électrons dont l'énergie serait de quelques millions d'électron-volts. Il est possible d'avoir des sources appréciables de tels électrons (partie pénétrante du spectre bêta, électrons secondaires du rayonnement gamma du Th C″, électrons de grande énergie observés dans les radioactivités artificielles ou dans les phénomènes accompagnant l'émission des neutrons).

J'ai utilisé surtout une source de (radiothorium + béryllium) protégée de tous côtés par 13^{cm} de plomb pour obtenir dans une chambre de Wilson de 11^{cm} de diamètre des trajectoires d'électrons d'énergie comprise entre 1 et 10 millions d'électron-volts. La chambre à détente est percée de deux fenêtres de 9^{cm^2} chacune, fermées par des feuilles minces d'aluminium, et peut être déclenchée par les impulsions ou les coïncidences des impulsions de compteurs à parois minces, selon la méthode de Blackett-Occhialini.

(¹) Séance du 15 avril 1935.

Il est ainsi possible de sélectionner les particules pénétrantes qui se trouvent en faible proportion dans un rayonnement plus mou; mais, lorsque les particules pénétrantes traversant la chambre sont en nombre suffisant, il n'est pas toujours avantageux de déclencher l'appareil par les compteurs, la précision sur les mesures de courbures étant la plus grande pour les trajectoires fines déclenchées au hasard. Les premières séries de mesures ont été effectuées avec un champ magnétique de 1400 gauss et groupent un millier de trajectoires fines. Des écrans d'aluminium (7/10 et 15/10 de millimètre) et d'argent (5/10 de millimètre) ont été placés au milieu de la chambre.

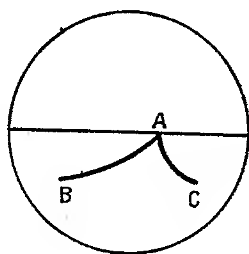


Fig. 1

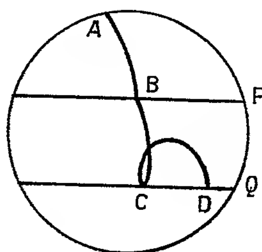


Fig. 2

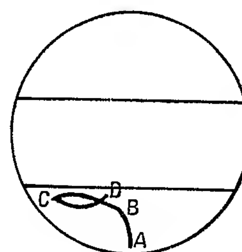


Fig. 3

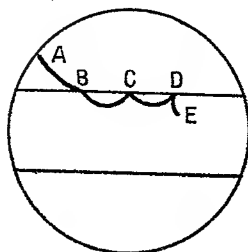


Fig. 4

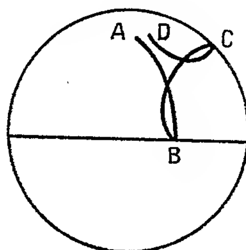


Fig. 5

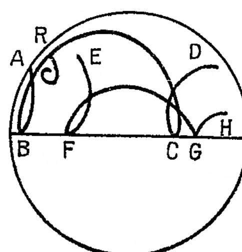


Fig. 6

2. J'ai remarqué fréquemment des groupes de deux électrons partant d'un même point du métal ou du gaz, ou aboutissant au même point, selon la figure 1. Cette figure peut s'interpréter par l'hypothèse d'une matérialisation de photon en A, mais on n'a en général aucune certitude sur le sens dans lequel est décrite chaque branche de la paire. Il n'est pas non plus facile de faire état de la direction de la source; car on sait que les rayonnements obtenus avec les sources précédemment indiquées sont complexes (ainsi les neutrons accompagnant le rayonnement pourraient exciter des noyaux qui émettraient à leur tour un rayonnement gamma dont la direction serait sans rapport avec celle de la source).

On peut, dans certains cas favorables, avoir une indication sur le sens de description des trajectoires AB et AC de la figure 1. Les clichés qui sont reproduits ci-dessus donnent de telles indications et attirent l'attention sur l'importance des phénomènes de diffusion sous grands angles. Les énergies W sont indiquées en millions d'électron-volts.

Figure 3. — P et Q sont deux plaques d'aluminium de 7/10e et 15/10e de millimètre :

$$W_{AB} = 1,4; \quad W_{BC} = 1,2; \quad W_{CD} = 0,5.$$

L'angle en C est 130°. Le phénomène observé en C n'est pas une matérialisation; car le rayon AC vient de A vers C. Comme son énergie en C est supérieure à celle de CD, l'interprétation la plus simple est celle d'une diffusion sous un grand angle du négaton AC [1].

Figure 2. — Le positon AB subit deux coudes au sein même du gaz, avec changement de direction de 80° et 120°. Il n'y a pas matérialisation en C. W_{AB} est imprécis mais supérieur à 1,3; W_{BC} est compris entre 0,7 et 1; $W_{CD} = 0,2$.

Il y a donc deux pertes brusques d'énergie aux deux coudes.

Figure 4. — On voit un positon AB qui traverse la plaque supérieure puis est diffusé en C de 70° et en D de 130° :

$W_{AB} = 2$ environ; $\quad W_{BC} = 0,3$; $\quad W_{CD} = 0,2$; $\quad W_{DE}$ est petit et non mesurable.

Figure 5. — Plusieurs clichés analogues à celui-ci ont été obtenus :

$$W_{AB} = 2,1 \pm 0,2; \quad W_{BC} = 0,9; \quad W_{CD} = 0,5.$$

Les angles de diffusion sont 135° en B et 90° en C. Lorsque le changement de direction ne s'est pas produit au sein du gaz, il n'est pas possible de savoir s'il y a eu perte brusque d'énergie; car le rayon peut pénétrer plus ou moins à l'intérieur de la matière solide. La *figure* 5 peut s'interpréter par deux diffusions successives du négaton AB.

Figure 6. — La plaque est de 0,5^{mm} d'argent. On voit sur le même cliché deux négatons qui présentent chacun deux diffusions successives.

Il y a en plus, en R, sur la portion BC, un changement brusque de courbure important, sans changement de direction de plus de 10 degrés. Cela confirme le sens dans lequel la trajectoire est décrite. Les énergies sont :

$W_{AB} \geqq 2,5$, mais non mesurable; $\quad W_{BR} = 2,5$; $\quad W_{RC} = 1,3$; $\quad W_{CD} = 0,95$.

Les angles de diffusion sont 160° environ en B et en C.

Ces expériences montrent qu'il faut, dans l'étude des matérialisations, faire grande attention aux apparences présentées par les phénomènes fréquents de diffusions sous de grands angles.

---

[1] Tous les clichés étant stéréoscopiques, l'examen stéréoscopique des positifs ne laisse aucun doute sur la coïncidence dans l'espace des points de rencontre observés.

SPECTROSCOPIE. — *Sur le spectre d'absorption des bichromates alcalins.* Note de M. **Radu Titeica**, présentée par M. Jean Perrin.

Au cours des recherches que nous poursuivons sur la fluorescence des hydrocarbures à plusieurs noyaux benzéniques, nous avons été amené à étudier les spectres d'absorption d'un grand nombre de substances pouvant servir d'écrans en vue de monochromatiser la lumière de l'arc au mercure qui nous servait de source excitatrice.

Parmi toutes ces substances, les solutions aqueuses des bichromates se signalent à l'attention par la présence d'une bande forte, bien isolée dans le proche ultraviolet. Nous avons étudié de plus près cette bande et avons abouti à certains résultats intéressants. Le spectrographe utilisé était le Hilger modèle E 31, donnant environ 70 Å/mm, dans la région intéressante. Nous avons étudié quatre bichromates alcalins : ceux de lithium, de sodium, de potassium et d'ammonium. Les maxima de leurs bandes d'absorption se situent, respectivement, à 3520 Å; 3535 Å; 3575 Å et 3670 Å. On voit donc que, le bichromate d'ammonium excepté, la position du maximum de la bande se déplace vers le visible lorsque le poids atomique du métal alcalin augmente. La présence de la bande d'absorption des quatre sels dans la même région indique, toutefois, qu'elle est due à l'ion Cr^2O^7.

En étudiant de plus près ces bandes des bichromates, on peut se rendre compte (surtout pour une dispersion pas trop forte et une concentration convenable) que, du côté des grandes longueurs d'onde à partir des maxima, elles possèdent une structure. Celle-ci comprend plusieurs bandes faibles et de maxima peu marqués. L'aspect de ces bandes dépend de la concentration de la solution étudiée et rappelle l'aspect des bandes de vibration d'un niveau électronique.

Cette structure à été déjà observée pour des cristaux de chromate et de bichromate de potassium par H. Schaumann [1]. Elle est peu nette à la température ordinaire, mais bien plus marquée à 20°K. On en déduit, pour la fréquence de vibration correspondante, la valeur 800 cm^{-1}.

Il est très remarquable que cette même structure puisse être observée en solution, à la température ordinaire. Nos mesures donnent (en tenant compte de l'erreur due à la faible dispersion utilisée) presque la même valeur que celle observée par Schaumann pour les cristaux. En effet, nous

(1) *Zeit. f. Phys.*, 76, 1932, p. 106.

obtenons, en moyenne, 755 cm^{-1} pour le sel de lithium, 763 cm^{-1} pour celui de sodium et 803 cm^{-1} pour celui de potassium. Nous remarquerons que la même valeur de 800 cm^{-1} a été obtenue par Schaumann pour le cristal de monochromate de potassium, ce qui paraît indiquer qu'il s'agit ici d'une fréquence du groupement CrO, commun aux deux ions complexes CrO^3 et Br^2O^7.

La valeur ainsi trouvée pour le premier état électronique excité concorde bien avec la valeur attendue, si l'on se rapelle que, dans l'effet Raman, Nisi [1] a trouvé pour le monochromate de sodium une fréquence de 855 cm^{-1}, correspondant à l'état électronique fondamental de l'ion. De même, on peut rapprocher notre valeur de la fréquence 750,7 cm^{-1} trouvée par Chandrasekhar Ghosh [2] pour l'état de vibration dans le niveau électronique excité du spectre de CrO. (La valeur pour l'état inférieur est de 898,8 cm^{-1}, peu différente de celle observée par Nisi.) Ceci montre que cette fréquence de vibration est bien due au CrO.

PHOTOGRAPHIE. — *Influence de l'eau sur la sensibilité des émulsions photographiques*. Note de M. **André Charriou** et de Mlle **Suzanne Valette**, présentée par M. Georges Perrier.

Au cours des prises de vues, par photographie aérienne à haute altitude, il peut se produire une condensation de la vapeur d'eau contenue dans les appareils photographiques, avec dépôt d'eau sur les couches sensibles. Ce phénomène se remarque lorsque l'avion navigue dans des régions de l'atmosphère où la température est très inférieure à celle qui régnait au point de départ de l'avion, au moment du chargement de l'appareil.

Cette présence d'eau entraîne généralement une chute de la sensibilité de l'émulsion. Aussi nous sommes-nous proposé d'étudier ce phénomène, dans le cas des émulsions à très haute sensibilité, actuellement utilisées en photographie aérienne.

Mode opératoire. — Des plaques photographiques, de format 13×18^{cm}, étaient coupées en quatre bandes, dans le sens longitudinal; les deux bandes extrêmes étaient rejetées, afin d'éviter toutes causes d'erreur dues aux irrégularités fréquentes des couches d'émulsion, sur les bords des plaques.

---

(1) *Jap. Journ. Phys.*, 5, 1929, p. 116.
(2) *Zeit. f. Phys.*, 78, 1932, p. 521.

Une des bandes centrales était recouverte d'eau pendant un temps variable suivant les expériences, et exposée immédiatement, donc *mouillée*, dans un sensitomètre. L'autre bande était, au contraire exposée *sèche* dans le sensitomètre. Toutes deux étaient ensuite développées en même temps. Nous pouvions ainsi comparer rigoureusement la sensibilité de l'émulsion sèche à celle de l'émulsion humide.

En vue de rechercher le mécanisme de ce phénomène, nous avons mesuré également l'influence sur la sensibilité de la présence d'une couche d'alcool ou d'acétone sur l'émulsion.

Résultats expérimentaux. — Les résultats les plus caractéristiques obtenus, au cours de nos essais, sont réunis dans le tableau ci-dessous :

Traitement des émulsions.

Sensibilité relative sous écran.	Plaque témoin.	Minutes dans l'eau. 5.	15.	30.	Minutes dans l'alcool. 5.	15.	Minutes. dans l'acétone. 5.	15.
Émulsion ordinaire, supersensible (1800° H. et D.) :								
Bleu ($\lambda < 5500$ A°)....	1	0,4	0,32	0,25	0,7	0,63	0,63	0,6
Émulsion orthochromatique, supersensible :								
Bleu ($\lambda < 5500$ A°)....	1	0,4	0,35	0,25	0,65	0,65	0,7	0,7
Jaune ($\lambda > 4800$ A°)...	0,8	0,4	0,32	0,25	0,32	0,32	0,3	0,3
Émulsion panchromatique, supersensible :								
Bleu ($\lambda < 5500$ A°)....	1	0,5	0,4	0,25	0,8	0,8	0,7	0,6
Rouge ($\lambda > 5600$ A°)...	1,15	0,9	0,8	0,7	0,65	0,65	0,6	0,5

On voit ainsi que, d'une façon générale, la sensibilité des émulsions très rapides diminue fortement par inhibition d'eau. Après 30 minutes de contact avec l'eau, la sensibilité vis-à-vis des radiations bleues est abaissée au quart de sa valeur initiale. La chute de sensibilité est moins accusée pour les radiations jaunes (sensibilité résiduelle : 1/3) et moins encore en ce qui concerne les radiations rouges (sensibilité résiduelle : 2/3). En effet, dans le cas des émulsions ortho- ou panchromatiques, le phénomène d'inhibition se complique d'une légère exaltation des propriétés des colorants sensibilisateurs, en raison de la dissolution d'une petite partie des halogénures solubles contenus dans l'émulsion.

Cette chute de sensibilité, qui a pour cause une modification de l'absorption des radiations lumineuses au sein de l'émulsion, augmente avec la

durée de l'application de l'eau. Il est donc très probable qu'il existe une liaison entre l'abaissement de la sensibilité et le gonflement de la gélatine. Du reste, l'effet sur la sensibilité aux radiations bleues est beaucoup moindre si l'on remplace l'eau par de l'alcool ou de l'acétone, liquides dans lesquels la gélatine est incapable de gonfler; de plus il n'augmente alors presque plus avec le temps.

Au contraire l'alcool et l'acétone sont plus énergiques que l'eau en face des radiations de grandes longueurs d'onde; car, comme l'un de nous l'a montré dans des travaux antérieurs, la présence d'un solvant autre que l'eau affecte profondément le pouvoir des colorants sensibilisateurs.

CONCLUSION. — *Ces expériences démontrent la nécessité de protéger les appareils de photographie aérienne contre les variations importantes de température.*

RAYONS X. — *Mise en évidence, aux rayons* X, *des déformations d'un réseau cristallin sous l'action du champ électrique*. Note de M. **HORIA HULUBEI**, présentée par M. Jean Perrin.

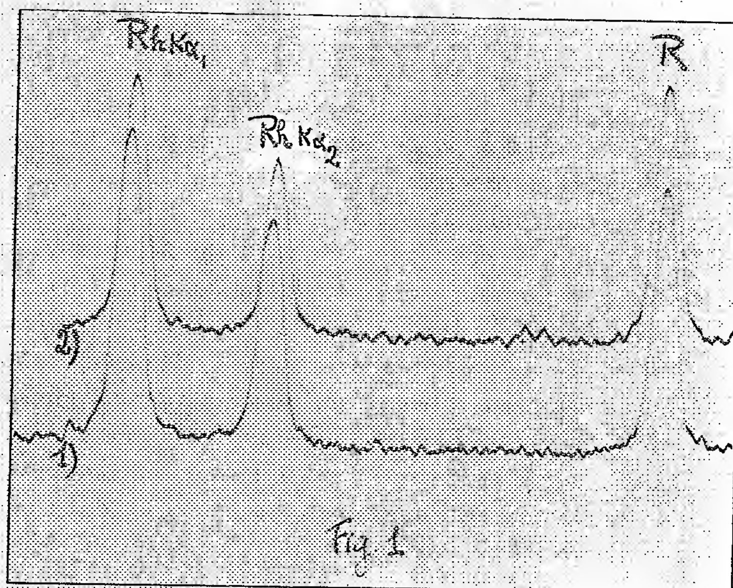
La maille élémentaire d'un cristal ionique peut être perturbée sous l'action d'un champ électrique. Cette perturbation, fonction de la polarisabilité du cristal suivant la direction étudiée, doit consister en un déplacement des ions, une orientation de dipôles préexistants etc. Le réseau cristallin se polarise et se déforme. La modification du *facteur de stucture*, par suite de la polarisation du réseau, apparaît dans des variations mesurables du pouvoir réflecteur sélectif pour les rayons X [au moins pour un cristal à très grande constante diélectrique : le sel de Seignette (1)]. Par contre la déformation de la maille élémentaire doit être très petite; aussi son analyse aux rayons X est-elle plus délicate.

Au cours d'expériences préliminaires sur le quartz et le mica, j'ai pu observer, à l'aide des rayons X, des variations de constantes réticulaires sous l'action d'un champ électrique statique (E).

Si la composante de la force électrique appliquée, suivant la normale au système de plans réticulaires en étude, provoque une variation δd de l'équidistance d, ou une rotation d'ensemble $\delta\alpha$ de ces plans, les raies spectrales résultant de la réflexion de Bragg seront déplacées en conséquence. Pour déceler ces déplacements, j'ai monté les lames cristallines

(1) H. STAUB, *Phys. Zeits.*, 34, 1933, p. 292.

sur un spectographe à focalisation de diamètre R = 150^{cm} (1). Je pouvais ainsi étudier avec facilité les réflexions sélectives sur une série de plans internes d'inclinaisons (α) différentes sur E, et apprécier des



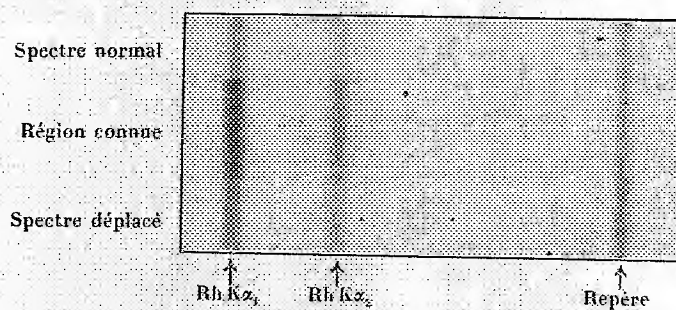


Fig. 2.

déplacements de raies spectrales (ici K du Rh) de deux secondes. J'ai évalué $\partial d/d$ d'après le changement de la dispersion, à l'aide de la relation : $\partial d/d = -1/R \cot g\, \varphi(\partial l' - \partial l)$, φ étant l'angle de Bragg respectif et $\partial l'$ et ∂l les séparations linéaires de deux mêmes raies spectrales pour le cristal déformé et normal. La valeur de $\partial\alpha$ se déduit ensuite du déplacement

(1) H. Hulubei et Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 857.

global observé pour une raie spectrale, en tenant compte de la grandeur et du sens du déplacement relatif au changement de dispersion :

$$\delta l = - R \frac{\delta d}{d} \tang \varphi.$$

D'après le sens et la grandeur des déplacements des raies spectrales obtenues par réflexion sur l'une et l'autre face des plans réflecteurs étudiés, je pouvais d'ailleurs me convaincre de l'existence et de la valeur d'une rotation de ces plans. Dans mes expériences, pour des champs croissants les déplacements passent par un maximum.

Les champs, appliqués par l'intermédiaire de feuilles d'aluminium de $0^{mm},01$, collés à la gomme laque sur les faces de la lame, ont varié de 110 à 660 u.e.s./cm pour le mica et de 160 à 400 u.e.s./cm pour le quartz.

Pour plusieurs lames cristallines et sur plus de quarante clichés, j'ai pu constater les effets reproductibles de variation de d et de α. Les figures 1 et 2 reproduisent un agrandissement et un microphotogramme de l'un des clichés obtenus pour le quartz. Pour l'évaluation de δd, avec les champs que j'ai pu employer, j'étais très souvent à la limite de sensibilité de la méthode, mais j'obtenais toujours une indication précise du signe de δd; par contre, pour $\delta\alpha$ le phénomène était nettement mesurable sur certains plans réflecteurs.

A titre d'exemple, voici les résultats numériques pour un cas bien net : Lame de quartz (taille Curie); $E = 200$ u.e.s./cm suivant l'axe des X. Réflexions sur $(3\bar{4}0)$ $[d \simeq 1,17$ Å$]$; j'ai trouvé $\delta d/d \simeq 6.10^{-5}$; $\delta\alpha \simeq 15''$.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectre d'absorption du benzène à haute température.* Note [1] de MM. Victor Henri et C. H. Cartwright, transmise par M. Georges Urbain.

Technique employée. — De la vapeur de benzène à une pression de 3^{mm} Hg et à 20°C. est scellée dans trois tubes d'absorption de longueurs respectives 25^{mm}, 96^{mm} et 396^{mm}, connectés entre eux. Les spectres d'absorption sont étudiés à 20, 170, 240, 330, 360, 420 et 460°C. et une fois de plus à 20°C. On photographie alors la région comprise entre 36500 et

(1) Séance du 8 avril 1935.

44500 cm^{-1} à l'aide d'une lampe à hydrogène prise comme source et d'un spectrographe Hilger E-383. Cette région contient les bandes principales de A à H. Toutes les expériences s'effectuent sur le benzène primitif.

Résultats. — Les phénomènes suivants accompagnent les changements d'intensité des diverses bandes :

1° Avec l'augmentation de la température, la structure fine disparaît successivement des bandes de haute fréquence H, G, F et E distantes de 921 cm^{-1} (environ une bande pour chaque élévation de 100°C.).

2° Une augmentation de l'absorption générale accompagne l'élévation de la température. La grandeur de cette augmentation peut être estimée en remarquant qu'à la température de 460°C. le temps d'exposition est d'environ 7 heures et à la température de 20°C. de 15 minutes.

3° Le spectre d'absorption primitif de la vapeur de benzène peut être réobtenu après que la vapeur a été chauffée et a rayonné pendant plusieurs heures à 460°C. Ce phénomène prouve que seule une très faible décomposition a pu avoir lieu.

Discussion. — L'apparition d'une forte prédissociation et d'une absorption générale de la vapeur de benzène dès la température de 170°C., prouve, ainsi que le fait que la décomposition thermique a lieu à environ 600°C., que nous avons affaire à un phénomène de vibration correspondant à une énergie moindre que 500 cm^{-1}. Cette vibration doit être fondamentale et anharmonique dans la molécule normale, plus anharmonique encore dans la molécule excitée.

Le critérium le plus rigoureux pour la discrimination des 30 modes fondamentaux de vibration est probablement que cette discrimination satisfasse aux conditions de chaleur spécifique. Kohlrausch signale 16 raies de Raman actives. Une application de la formule des chaleurs spécifiques aux diverses températures conduit à une absurdité pour toute distribution des 14 modes de vibration restants. R. W. Wood et G. Collins [1] indiquent 23 raies de Raman. Même en négligeant les 3 raies de faible intensité, il ne resterait aucune distribution possible pour les 10 fréquences des raies de Raman inactives. Ceci prouve que les raies de Raman ne peuvent être attribuées dans leur totalité à des modes de vibration fondamentaux.

Des raisons de symétrie font prévoir que plusieurs modes de vibration seront dégénérés et ceci doit être tenu en ligne de compte dans le calcul des chaleurs spécifiques. Il est certain que la raie de Raman 991 cm^{-1}.

[1] *Phys. Rev.*, 42, 1932, p. 386.

est due aux six liaisons C-H, mais cette raie n'est pas dégénérée et représente seulement l'un des trente modes de vibration possibles ([1]). A une double dégénérescence correspondent deux modes de vibration qui, en l'absence d'un champ, ont une fréquence égale. Parmi les discriminations des modes de vibration du benzène que nous avons étudiés, celle de C. Manneback ([2]) s'accorde le plus parfaitement aux données de chaleurs spécifiques. Son analyse, basée sur des considérations dynamiques, conduit à dix modes de vibration non dégénérées parmi lesquelles les raies 991 (liaison C-H) et 3060 (expansion radiale du benzène) sont des raies de Raman actives, une troisième est infrarouge active et les sept autres ne sont ni des raies de Raman ni des raies infrarouges actives. Viennent ensuite dix modes doublement dégénérés dont cinq sont des raies de Raman actives (604, 849, 1178, 1600 et 3047)([3]), trois infrarouges fortement actives et les deux autres infrarouges faiblement actives. La théorie de Manneback permet seulement deux fréquences inférieures à 500 cm^{-1} (l'une non dégénérée et inactive, l'autre doublement dégénérée et infrarouge faiblement active) mais leurs énergies ne sont pas rigoureusement déterminées. Une vibration correspondant à une énergie inférieure à 500 cm^{-1} résulte d'un plissement de l'anneau de benzène et produit peut-être, comme le suggère Manneback, une décomposition thermique de l'anneau à 600°C; en deux molécules C^3H^3 ([4]).

Thompson a montré en effet l'existence de C^3H^3 à haute température; mais son absence à température ordinaire peut être due à une recombinaison ou à une décomposition plus poussée. Lorsque la température augmentant, les niveaux quantiques supérieurs se peuplent davantage, un plissement qui serait instable pour la molécule normale peut, suivant le principe de Franck et Condon, devenir instable dans la molécule excitée. Ceci pourrait fournir une explication à la prédissociation et à l'absorption générale qui se manifestent lors d'une élévation de la température. La pré-

---

([1]) Ceci est mis en évidence par la considération des trois modes de vibration d'une molécule linéaire et triatomique.

([2]) Conférence faite à Liège.

([3]) Wilson (*Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 146) fait le même choix de raies de Raman fondamentales.

([4]) Cette énergie correspond peut-être à l'une des fréquences de combinaison 420, 350, 170, 130, 70 cm^{-1} qu'on observe dans l'ultraviolet pour la molécule excitée, ou bien à l'une des raies observées dans l'infrarouge extrême à 168, 140, 117, 87, pour le benzène liquide par Barnes, Benedict et Lewis (*Phys. Rev.*, 47, 1935, p. 129).

dissociation produirait 2 molécules de C^3H^3. Celles-ci, si elles naissent d'un plissement excessif de l'anneau de benzène, pourraient n'être pas complètement séparées mais se recombiner en grande partie ([1]). Cette hypothèse s'accorde avec nos résultats : en effet l'absorption du spectre primitif est réobtenue à température ordinaire après qu'une série complète d'expériences ont été effectuées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés d'un zinc d'une pureté exceptionnelle comparées à celles d'autres échantillons de zinc.* Note de M. **Louis Bouchet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le zinc extra-pur qui m'a servi de terme de comparaison avait été préparé à Palmerston au Laboratoire de Recherches de *The New-Jersey Zinc Company;* il avait été obtenu par des distillations fractionnées dans le vide ([2]). Sa pureté est telle que, d'après les analyses spectroscopiques de M. H. M. Cyr, il ne renferme plus que 0,0001 pour 100, au maximum, d'impuretés. Les Sociétés Vieille-Montagne et Asturienne des Mines m'ont, elles aussi, fourni des spécimens de zinc, dont le plus pur titrait 99,995 pour 100. J'ai également opéré sur du zinc pour analyses et sur du zinc commercial.

Tous ces échantillons ont subi les mêmes traitements à 18° et à la pression ordinaire : ils ont d'abord été pesés à l'aide d'une balance apériodique permettant d'apprécier le dixième de milligramme, puis immergés dans des solutions chlorhydrique, sulfurique avec eau bidistillée, enfin pesés à nouveau après un dessèchement énergique. Tout l'appareillage était en quartz fondu. L'eau bidistillée que j'ai préparée avait comme caractéristiques :

$$\text{conductivité } \varkappa = 0,95 \times 10^{-6}; \quad \text{pH} = 5,9.$$

La conductivité était mesurée au pont de Kohlrausch et le pH déterminé par l'indicateur bleu de bromo-thymol.

([1]) R. G. Norrish, H. G. Crone et O. D. Saltmarsh ont indiqué (*Journ. Chem. Soc.*, 318, 1936, p. 1456) une explication du faible rendement quantique observé dans la production du spectre continu de l'acétone, qui pourrait peut-être s'appliquer aussi au benzène.

([2]) *Research Division*, The New-Jersey Zinc Company, Palmerston, Pa.

Je résume ci-après les résultats :

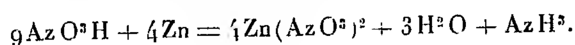
1° *Action d'une solution d'acide chlorhydrique chimiquement pur à* 15 pour 100. — Pour une durée d'immersion de 5 heures, le *spectroscopically pure zinc*, zinc extra-pur, a perdu seulement 0,022 de son poids, tandis que les pertes éprouvées par les autres échantillons croissaient avec les impuretés : ainsi pour le zinc de l'Asturienne titrant 99,978 pour 100, son poids diminuait de plus de 25 pour 100. On avait eu soin de réaliser des surfaces d'attaque égales dans tous les cas.

2° *Action de l'acide sulfurique chimiquement pur à* 20 pour 100. — L'action de cette solution sur le zinc extra-pur est plus réduite que précédemment ; il en est de même pour tous les autres échantillons, la corrosion croît encore, toutes choses étant égales d'ailleurs, avec les impuretés.

3° *Action de l'acide azotique concentré à* 40° B. *et chimiquement pur.* — Avec cet acide, les vitesses de dissolution sont inversées : les zincs les plus purs sont le plus rapidement dissous; ainsi, un zinc de la Vieille-Montagne pesant 4g,0959 et titrant 99,995 pour 100 a été complètement dissous en 10 minutes, tandis que le zinc pour analyses, pendant le même temps, n'a perdu que la moitié de son poids et le zinc commercial le tiers environ; le zinc extra-pur est violemment attaqué avec un dégagement abondant de vapeurs nitreuses.

4° *Action de l'eau bidistillée de conductivité* : $\varkappa = 0{,}95 \times 10^{-6}$. — D'après mes pesées, le zinc extra-pur accuse une très légère augmentation de poids : 0g,0001 qui peut être imputable aux erreurs d'expériences; les autres spécimens de zinc sont tous corrodés dans le même sens qu'avec les solutions chlorhydrique et sulfurique, mais dans des proportions moindres.

En somme, le zinc extra-pur est celui qui résiste le mieux aux solutions chlorhydrique et sulfurique, sa masse est même conservée dans l'eau bidistillée. Quant à l'action de l'acide azotique concentré, elle peut s'interpréter en invoquant la *passivité* de certaines impuretés et aussi par d'autres actions secondaires dont l'une se traduit par la relation [1]



$$9\,AzO^3H + 4\,Zn = 4\,Zn(AzO^3)^2 + 3\,H^2O + AzH^3.$$

Je pense qu'il serait possible d'établir un procédé de dosage global des impuretés basé sur les vitesses de dissolution des métaux dans des liquides appropriés.

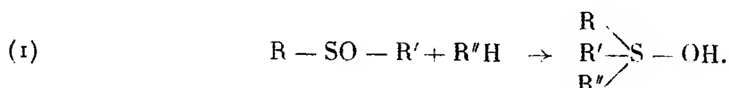
---

[1] WÜRTZ, *Dictionnaire de Chimie*, 1re Partie, 1, p. 403.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Spectres d'absorption ultraviolet de quelques sels de thioniums aryliques purement hydrocarbonés.* Note [1] de M. **Maurice Chaix**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les thioniums sont des composés, à propriété basique, de formule générale (1). On connaît depuis longtemps les thioniums aliphatiques [2], arylaliphatiques ou dérivés de la diméthylaniline [3] ou du phénol [4]; mais ce n'est que récemment que MM. Courtot et Chiffert [5] ont découvert les thioniums aryliques purement hydrocarbonés.

Les thioniums que nous étudions dans cette Note ont été obtenus par condensation directe de la sulfinone et du carbure, en présence du chlorure d'aluminium [6], suivant le schéma global ci-dessous



(1) $R-SO-R'+R''H \rightarrow (R)(R')(R'')S-OH.$

Le mode opératoire que nous avons utilisé pour la détermination des spectres d'absorption a été décrit dans un autre périodique [7] et la purification a été poursuivie jusqu'à spectre constant; mais, dans le cas présent, les corps sont longs et délicats à cristalliser. Nous n'avons pas opéré sur les bases libres car elles s'altèrent rapidement et l'étude a été faite sur des sels stables : chlorures et nitrates. La plupart des solutions ont été faites dans l'eau, à la concentration M/2000 et, à titre d'exemple, donnons quelques valeurs du logarithme du coefficient d'extinction moléculaire Σ en fonction de la longueur d'onde λ, pour le nitrate de triphényl-thionium.

log Σ.................	2,5.	2,9.	3,2.	3,8.	4,1.
λ..............	2830 Å	2880 Å	2780 Å	2580 Å	2520 Å

De plus signalons la présence de deux bandes légèrement marquées à 2750 et 2660.

(1) Séance du 15 avril 1935.

(2) Von Oefele, *Ann. Ch. et Phys.*, 4e série, 3, 1864, p. 473.

(3) Michaelis et Godchaux, *Ber. d. deutsch. chem. Gesells.*, 45, 1912, p. 757.

(4) Smiles et Le Rossignol, *J. Chem. Soc.*, 89, 1906, p. 696.

(5) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 986.

(6) Courtot et Tung, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1227; Tung, *Thèse Ingénieur-Docteur*, Nancy.

(7) Chaix, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 697.

Les spectres des chlorures et nitrates d'une même base sont sensiblement identiques. Si, d'autre part, nous comparons les chlorures ou nitrates de phényl-*pp'*-ditolyl-thionium et de *pp'p''*-tritolyl-thionium, nous voyons que l'introduction de deux ou trois radicaux CH^3 en para du soufre n'amène qu'un léger glissement (environ 20 Å) vers les grandes longueurs d'onde et ce n'est qu'en étudiant les spectres sensiblement identiques des tri-(diméthyl-2.4-phényl)-thionium et tri-(diméthyl-3.4-phényl)-thionium que l'on observe un effet plus intense (déplacement vers les grandes longueurs d'onde d'environ 80 Å).

Signalons encore qu'en étudiant le spectre d'absorption du chlorure de tri-(diméthyl-3.4-phényl)-thionium à diverses concentrations (M/250 à M/2000), en solution dans l'eau à différents pH et en solution aqueuse ou en solution dans l'alcool éthylique, nous n'avons pas décelé de modifications sensibles.

Ley et Arends (1) ont étudié le spectre d'absorption du chlorure de triméthyl-thionium en solution aqueuse, ils n'ont pas trouvé de bandes d'absorption et ce thionium de série aliphatique est légèrement moins transparent que les sulfates de sodium ou de potassium, l'absorption n'est donc notable que vers les courtes longueurs d'onde (1800 à 2000 Å).

Le sulfure de diphényle est, d'autre part, nettement plus coloré que le chlorure de triphényl-thionium.

Nous voyons également que les thioniums sont plus bathochromes que le triphénylcarbinol et le triphényl-α-chloro-méthane (2), bien que le triphénylaminochlorométhane absorbe dans la partie visible, alors que le chlorure de triaminotriphényl-thionium est incolore.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dispositif d'analyse spectrale quantitative.* Note (3) de M. **Henri Triché.**

Il a été indiqué qu'on pouvait doser un métal M_1 contenu dans un alliage A_1 en comparant une de ses raies avec une raie convenablement choisie, d'un autre métal M_2, contenu dans un autre alliage ou une solution A_2.

---

(1) *Zeit. für. phys. Chem.*, B, 15, 1932, p. 311.

(2) Hantzsch, *Ber. d. deutsch. chem. Gesells.*, 55, 1922, p. 953; Orndorff, *J. Am. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 1541; Anderson, *J. Am. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 210.

(3) Séance du 15 avril 1935.

Pour s'affranchir d'une manière absolue, des influences électriques sur le rapport d'intensité des deux raies, on a été conduit à comparer la raie du métal M_1 dans A_1 à celle du même élément fournie par un alliage connu A_2.

Pour obtenir, dans les mêmes conditions, les deux raies dans le prolongement l'une de l'autre et sans mélange des vapeurs, il suffit d'intercaler dans l'étincelle ou l'arc une lame d'un métal M_3 qui ne contient pas l'élément à doser M_1. Il se produit deux étincelles, l'une entre M_2 et M_3 et l'autre entre M_1 et M_3; elles sont voisines et peuvent être projetées ensemble sur la fente F du spectrographe au moyen d'une lentille de quartz L; les deux électrodes M_1 et M_2 sont mises à la même distance de M_3. Si la plaque M_3 est prolongée par un écran opaque E jusqu'à la lentille, on peut placer sur cette lentille deux diaphragmes à ouverture variable, qui permettent de faire varier les intensités des raies pour obtenir leur égalité.

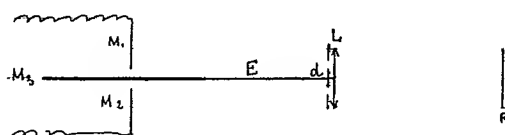


Fig. 1.

L'emploi de la lentille n'est pas nécessaire si l'on veut comparer l'échantillon à doser à une série d'alliages de composition connue : il suffit de prolonger la plaque M_3 par un écran opaque E' jusqu'à la fente du spectrographe. Ce montage simple présente le grand avantage que les étincelles peuvent se déplacer un peu, sans que les résultats soient faussés. Pour obtenir l'égalité d'intensité des deux raies, on peut placer sur le trajet des faisceaux un secteur tournant à ouverture variable.

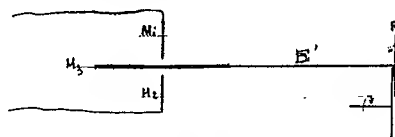


Fig. 2.

Si l'on emploie la lentille, il faut que les deux étincelles soient fixes pendant la pose. Avec une plaque intercalaire plane, elles ont tendance à bouger; on évite cet inconvénient en taillant la plaque de façon qu'elle présente deux petites saillies opposées qui fixent l'étincelle.

Nous avons ainsi examiné divers aluminiums contenant, soit du calcium, soit du silicium. La plaque M_3 était de l'aluminium très pur.

Comparaison avec les autres méthodes. — 1° Cette méthode est analogue à la méthode des spectres de comparaison; mais elle en diffère avantageusement puisque le temps de pose n'a pas d'influence et que les conditions électriques peuvent même varier pendant la pose sans changer les résultats.

2° Elle peut être rapprochée de la méthode de Barrat [1]. Dans cette dernière, on fait éclater deux étincelles, l'une entre deux électrodes de l'alliage à doser, l'autre entre deux électrodes du métal pur ou entre deux alliages de même composition connue; la lumière qui provient des étincelles est renvoyée sur la fente, au moyen d'un biprisme. Dans le procédé que nous avons indiqué, le nombre d'électrodes est réduit au minimum, et la grande proximité des étincelles permet de les traiter comme une étincelle unique et de n'avoir, pour tout système optique, qu'une lentille ou même un simple écran

En résumé, ce procédé permet de faire des dosages dont les résultats sont indépendants des conditions électriques, optiques et photographiques (si l'on produit l'égalité d'intensité des raies sur la plaque) et n'exige qu'un matériel et un réglage très simples.

Les dosages peuvent être effectués pour n'importe quelle teneur. Pour les plus faibles, on sera obligé de choisir parmi les raies ultimes de de Gramont; mais si l'on veut mesurer des concentrations moyennes, on aura intérêt à choisir la raie de plus grande sensibilité relative, c'est-à-dire celle dont la variation d'intensité est la plus grande pour une petite variation de la concentration. Les autres méthodes, sauf celle de Barrat et celle des spectres de comparaison, ne permettent pas de choisir la raie dont la sensibilité relative est la plus grande. Le choix d'une raie y est limité par le fait qu'elle doit être voisine d'une raie d'un autre métal et que le rapport de leurs intensités doit être, autant que possible, indépendant des conditions électriques. De plus pour le dosage sous forme de solution, l'introduction d'un métal auxiliaire ne doit pas provoquer de précipitation.

Formule d'interpolation. — Soient deux alliages de concentrations connues, C_1 et C_2, et un alliage de concentration inconnue C_x; soient i_1, i_2, i_x les intensités correspondantes d'une raie. Si les concentrations C_1 et C_2 sont voisines on peut admettre que l'intensité varie linéairement avec la concentration. L'équation de la droite A_1A_2 est

$$\frac{i_x - i_1}{i_2 - i_1} = \frac{C_x - C_1}{C_2 - C_1}.$$

---

(1) HILGER, *Bulletin of Spectrum Analysis*, 1, mars 1929, p. 7.

Il faut connaître le rapport $i_x - i_1/i_2 - i_1$. On produit l'égalité d'intensité sur la plaque photographique en faisant varier l'intensité d'un faisceau.

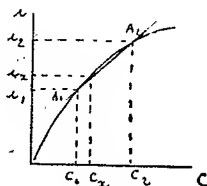


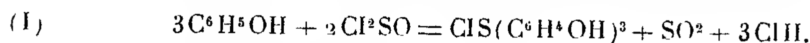
Fig. 3.

On connaît donc le rapport des intensités par l'expérience. Soient $i_2 = K i_1$; $i_x = K' i_1$, d'où

$$\frac{i_x - i_1}{i_2 - i_1} = \frac{K' - 1}{K - 1} \qquad \text{et} \qquad C_x = C_1 + (C_2 - C_1)\frac{K' - 1}{K - 1}.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude critique de l'action du chlorure de thionyle sur le phénol.* Note [1] de MM. **Charles Courtot** et **Tsé-Yei Tung**, présentée par M. Delépine.

L'action du chlorure de thionyle sur le phénol a été étudiée depuis fort longtemps [2]. Elle a été reprise récemment par Carré et Liebermann. Ces auteurs, expérimentant sans agent de condensation, arrivent par des termes intermédiaires que nous ne discuterons pas ici [3] à une équation globale identique à celle proposée antérieurement par Smiles et le Rossignol [4] qui opèrent la condensation en présence de chlorure d'aluminium



(I) $$3C^6H^5OH + 2Cl^2SO = ClS(C^6H^4OH)^3 + SO^2 + 3ClH.$$

Or nous avons précédemment montré que l'on peut obtenir, et souvent quantitativement, les chlorures de thioniums aromatiques purement hydrocarbonés, par action d'*une molécule de chlorure de thionyle* sur trois molécules d'hydrocarbures [5] ou par action d'une molécule de carbure sur une

(1) Séance du 24 avril 1935.

(2) Pour l'historique de la question, voir Carré et Liebermann, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 275.

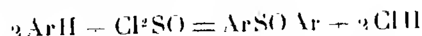
(3) Tsé Yei Tung, *Thèse d'Ingénieur-Docteur*, Nancy, 1935.

(4) *Chem. Soc.*, 89, 1906, p. 696 et Smiles et Baïn, *Chem. Soc.*, 91, 1907, p. 1118.

(5) Courtot et Chiffert, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 986.

molécule de sulfinone, en présence, dans les deux cas, de chlorure d'aluminium [1].

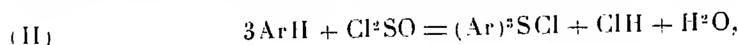
Notre interprétation de la réaction consiste à admettre dans une première phase, la formation de la sulfinone



$$2\,ArH + Cl^2SO = ArSOAr + 2\,ClH$$

et, dans une seconde phase, l'addition d'une nouvelle molécule de carbure, sous forme de sa combinaison chloraluminique, sur la sulfinone.

Les deux phases, à un moment donné, interfèrent et, ou bien la combinaison chloraluminique finale est scindée, sous l'action de ClH, dans le milieu réactionnel même, en $(Ar)^3SOH$ et Cl^3Al, puis l'excès de ClH salifie la base de thionium en sorte que la réaction globale s'écrit



$$\text{(II)} \quad 3\,ArH + Cl^2SO = (Ar)^3SCl + ClH + H^2O,$$

mais l'eau formée est captée par le chlorure d'aluminium et le chlorure de thionyle n'est que peu ou pas décomposé; ou bien la combinaison chloraluminique du thionium se scinde seulement lors de l'hydrolyse du mélange, en milieu chlorhydrique, pour donner $(Ar)^3SCl + Cl^3Al$, aq. et là encore, la synthèse du thionium n'implique l'intervention que de 1^mol de chlorure de thionyle.

Si l'on opère *sans chlorure d'aluminium*, la base de thionium formée, en présence de ClH engendre le chlorure



$$(Ar)^3SOH + ClH = (Ar)^3SCl + H^2O;$$

mais, au fur et à mesure de sa formation, l'eau décompose le chlorure de thionyle et la réaction globale devient (I). On doit alors observer le dégagement de SO^2 seulement quelque temps après le début de la réaction et c'est effectivement ce qui a lieu.

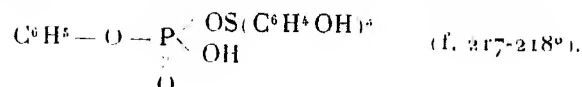
Il résulte de tout ceci que la réaction de condensation du phénol avec le chlorure de thionyle doit être régie, sans agent de déshydratation, par la réaction (I) alors qu'en présence d'un déshydratant, elle doit suivre le schéma (II), l'eau disparaissant sous l'action du déshydratant.

Nous avons retrouvé expérimentalement les résultats analytiques de Carré et Liebermann alors qu'en répétant la condensation du phénol avec Cl^2SO en présence de Cl^3Al, le dégagement de SO^2 est très faible conformément à notre explication de formation générale de thioniums, vérifiée sur de très nombreux exemples, dans la Thèse de Tsé-Yei Tung.

---

(1) Courtot et Tung, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1227.

On peut, du reste, remplacer Cl^3Al, par un autre déshydratant, P^2O^5 par exemple. Mais la réaction se complique par suite de la formation de produits phosphorés. On isole principalement le composé



molécule reproduite par synthèse : action de $C^6H^5 - OPO - (OH)^2$ sur le chlorure de trihydroxytriphénylthionium f. = 265-268° (corr.). Le benzoate de ce dernier corps $(C^6H^5.CO.OC^6H^4)^3SCl$ fond à 53-54° (1).

Le nitrate de trihydroxytriphénylthionium fond à 169-170°. Traité par un mélange sulfonitrique (60-40), il donne un dérivé hexanitré f. = 213° (avec charbonnement).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur quelques observations magnétiques récentes faites dans le sud et le sud-ouest de la Chine*. Note de M. **M. Burgaud**, transmise par M. Charles Maurain.

Durant le dernier hiver 1934-1935, nous eûmes l'occasion de faire, avec l'aide de l'Académie nationale de Peiping en ce qui concerne la Chine et avec l'autorisation de l'Observatoire de Kien-An et le concours du Directeur du Service géographique de l'Indo-Chine en ce qui regarde le Tonkin, quelques observations magnétiques devant permettre de suivre la variation séculaire des divers éléments magnétiques dans le sud et le sud-ouest de la Chine, au Koangtong et au Yunnan.

L'azimut des mires et un certain nombre de valeurs magnétiques furent observées au petit théodolithe-boussole Chasselon. Un magnétomètre transportable à bobines, modèle réduit, joint à un potentiomètre donnait avec étalonnage au départ et au retour de très bonnes valeurs de la déclinaison et de la composante horizontale. Un inducteur de la firme Askania appartenant à l'Académie nationale de Peiping pour la mesure de l'inclinaison et un petit récepteur de voyage pour les signaux horaires de T. S. F. complétaient l'équipement. Les stations faites s'échelonnent sur un arc de cercle de Fort-Bayard à Kun-Ming (Yunnanfu).

(1) Comparer Carré et Liebermann, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 275 et Liebermann, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 921.

Le tableau des valeurs observées et la carte donnant la répartition probable des isogones et des isodynames pour ces régions seront donnés prochainement.

En essayant de réduire au 1er janvier les présentes valeurs et celles observées en 1911, on aurait pour variation séculaire de la déclinaison :

Yunnanfu.	Mengtz.	Pouo-hi.	Laokai.	Yenbai.	Langson.	Pakhoi.
2',74	2',66	2',6	2',4	2',4	2',2	2',0

La variation séculaire est d'autant plus prononcée qu'on avance vers l'Ouest ou le Nord-Ouest.

Ces valeurs portant sur 24 années ne sont qu'une moyenne masquant l'allure de la variation annuelle.

Des observations intermédiaires faites aux stations de répétition en 1917 indiquent en 1911 et 1917 les variations suivantes :

Yunnanfu..................................	−4',75
Mengtz....................................	−4',67

On est ainsi conduit, en admettant aux autres stations une variation proportionnelle, aux valeurs approchées suivantes :

	Yunnanfu.	Pouo-hi.	Mengtz.	Lao-kai.	Yenbai.	Langson.	Pakhoi.
1911-1917...	−4',75	−4',7	−4',67	−4',18	−4',18	−3',80	−3',51
1918-1935...	−2',2	−1',99	−1',9	−1',82	−1',82	−1',67	−1',52

or elle était, pour 1911-1917, à Wuchow — 2',50 (Kwangsi) et à l'Observatoire de Hongkong — 2',27 pour la première période et — 0',87 pour la seconde.

Pour la dernière décade ces chiffres semblent encore trop forts. Si l'on se reporte aux valeurs moyennes annuelles des trois observatoires de la côte de Chine : Honkong, Lukiapang-Zosè et Tsingtao, on voit que, sauf pour 1933 à Tsingtao, la variation séculaire vers l'Ouest a cessé d'augmenter et elle esquisse un mouvement vers l'Est :

	Hongkong.	Diff.	Lukiapang.	Diff.	Tsingtao.	Diff.
1929.....			−3°35'55"			
1930.....	−0°43'46"		−3.35.80	−0'.25"	−4°32'75"	
1931.....	−0.43.31	+0'.15"	−3.35.54	+0.26	−4.32. 8	+0'.67"
1932.....	−0.43.27	+0.04	−3.35.09	+0.45	−4.32. 8	−0. 0
1933.....	−0.42.58	+0.29	−3.35.16	−0. 7	−4.34. 9	−2. 0

Les derniers mois de 1934, cette tendance semble s'accuser à l'Obser-

vatoire de Zosè. Il est donc possible que l'aiguille aimantée ait atteint sa plus grande élongation vers l'Ouest pour les stations du centre et du sud de la Chine, et qu'un renversement de la variation séculaire tende à se produire. S'il en est ainsi les lignes agoniques de l'Annam et du Thibet auraient atteint leur écart maximum vers le Sud et vers l'Ouest et le grand ovale sino-japonais qui s'était ouvert au Sud-Ouest dans les premières années de ce siècle pourrait être en voie de se refermer lentement.

GÉNÉTIQUE. — *Étude génétique et cytologique des formes tendroïdes apparues dans la descendance de l'hybride intergénérique* Ægilops triuncialis *L.* × Triticum durum *Desf.* Note de MM. **Pierre Laumont** et **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le croisement *Ægylops triuncialis* L. var. *typica* × *Triticum durum* Desf. var. *erythromelan* Körn. réalisé par l'un de nous, à la Station d'Amélioration des Plantes de Maison-Carrée (Alger), en 1929 [1], a donné une (F_1) vigoureuse, bien développée, présentant des caractères intermédiaires — plutôt *ægylopiformes* — entre ceux des parents.

Au cours de la (F_2), de dominance *ægylopiforme* accusée [39 individus dont 1 ressemblant à la (F_1)], sont apparus 2 types *speltoïdes*, peu fertiles; aucun retour aux parents n'a été constaté.

La (F_3), composée de 95 plantes est caractérisée par l'apparition, non encore signalée jusqu'ici, de formes plus ou moins proches des Blés tendres (*T. vulgare*) par l'aspect général des plantes : hauteur et grosseur des chaumes, figuration et ornementation des glumes, contexture des grains, etc., et appelées pour cette raison : *tendroïdes*. Le rapport de ségrégation s'établit à cette génération de la façon suivante : 10 *tendroïdes*, 17 *durelloïdes* et 68 *ægylopiformes*.

La (F_4), composée à la récolte de 1257 individus, présente une ségrégation extrêmement large : 143 *tendroïdes*, 47 *speltoïdes*, 55 *durelloïdes* et 1012 *ægylopiformes*.

La (F_5), faute de place, a été surtout consacrée à la descendance des types *ægylopiformes* les plus caractéristiques et des formes *tendroïdes*, *speltoïdes* et *durelloïdes*.

La formation de types *speltoïdes* et *tendroïdes* en (F_2) et en (F_3) était

---

[1] P. Laumont, *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, 23, 1932, p. 123-125.

inattendue. Il est peu probable qu'elle ait pu provenir de fécondations croisées, évidemment toujours possibles, bien que rarement rencontrées dans nos cultures à Maison-Carrée (1 cas observé sur 9000 lignées en étude de 1907 à 1934). Cependant, pour les éviter et ne pouvant isoler chaque épi en raison de l'abondance de notre matériel, nous avons volontairement reculé les semailles des hybrides après celle des derniers Blés, ce décalage efficace s'est traduit par une floraison tardive qui a eu lieu, en général, à la fin de celle des Blés durs et, en tout cas, bien après celle des Blés tendres.

Génétiquement, l'apparition de ces formes aberrantes pouvait s'expliquer par des recombinaisons factorielles; leur étude cytologique a confirmé le raisonnement génétique en mettant en évidence l'existence, parmi elles, de formes ayant la même formule chromosomique que le Blé tendre ($2n = 42$).

L'étude caryologique, faite par l'un de nous au Laboratoire des Établissements Vilmorin, à Verrières-le-Buisson (S.-et-O.), a montré que les deux géniteurs, bien que très différents morphologiquement, sont à $2n = 28$; la (F_1), non étudiée, devait être également à $2n = 28$ (♀ $n = 14$ et ♂ $n = 14$). En (F_4), il existe déjà une variation chromosomique étendue, retrouvée en (F_5) et (F_6) renfermant des individus à $2n = 28$ et 29, à $2n = 41$, 42, 43, 44, 45 et 46.

Par groupes morphologiques, les résultats sont les suivants : les *durelloïdes* sont à $2n = 28$-29 (7941-*g*-15); les *ægylopiformes* sont à $2n = 45$-46 en (F_4) et (F_5) (7946-*h* et *h*-26); les *speltoïdes* sont les uns à $2n = 43$-46 en (F_4) et $2n = 42$-44 en (F_5) (7942-*b* et 7942-*b*-5), les autres à $2n = 41$-42-43 en (F_6) (7942-*b*-10, 24 et 33); les *tendroïdes* sont à $2n = 41$-42 en (F_4) (7944-*b* et 7949-*g*), à $2n = 42$ en (F_5) (7944-*b*-49 et 75), à $2n = 42$ en (F_6) (7944-*b*-33, 49, 75 et 100) ou 41-42 (7949-*g*-29 et 50).

Ces faits montrent que cytologiquement les types *durelloïdes* ($2n = 28$-29), *speltoïdes* ($2n = 46$-44-43-42-41) et *tendroïdes* ($2n = 41$-42) ont une même formule chromosomique que celle des types morphologiques auxquels ils se rapportent, et lorsqu'elle en diffère reste très voisine : *T. durum* ($2n = 28$), *T. spelta* et *T. vulgare* ($2n = 42$). Le nombre des chromosomes trouvés chez les *ægylopiformes* ($2n = 46$) diffère de celui rencontré par E. Tschermak et J. Percival chez leurs *Ægylotricum* stabilisés à $2n = 56$ (à la suite d'un doublement du nombre chromosomique des deux géniteurs).

Dans le cas présent, les résultats que nous avons obtenus montrent que l'accroissement observé du nombre des chromosomes ne doit résulter que du doublement de l'une seulement, au lieu des deux garnitures chromo-

somiques parentales (♀ $n=28$ et ♂ $n=14$, ou inversement). Mais, J. Percival ([1]) a aussi signalé qu'à la méiose de la (F_1) de son hybride *E. triuncialis* × *T. durum*, il se formait 1 à 6 éléments bivalents et 26 à 16 univalents avec clivage et souvent division de ces derniers à l'anaphase hétérotypique; la métaphase homéotypique étant normalement équationnelle, des chromosomes monovalents sont donc susceptibles de se diviser deux fois, au lieu d'une, d'où formation de gamètes à chromosomes surnuméraires. L'accroissement que nous avons observé de $2n=28$ à $2n=42$ et $2n=46$, n'a vraissemblablement pas d'autre origine; une régularisation plus ou moins rapide au cours des générations successives s'établissant par élimination de chromosomes jusqu'à formation des types fixés morphologiquement et cytologiquement (*tendroïdes* 7944-*b*-49 et 75).

L'apparition de types *tendroïdes* stabilisés analogues au *T. vulgare* jette un jour nouveau sur le problème de l'origine du Blé tendre en précisant l'hypothèse, déjà émise, mais jamais vérifiée, du rôle qu'auraient joué dans sa formation certaines espèces d'*Ægilops* et les blés de la série *durum* ($2n=28$).

Les produits récemment obtenus par Mlle Dusseau ([2]), par MM. Miège et l'un de nous ([3]), de types régressifs *durum* ($2n=28$), à partir de l'entre-croisement de deux *T. vulgare* ($2n=42$), pouvaient déjà être considérés comme des arguments favorables. Nos expériences, en créant synthétiquement des types tendroïdes fixes et semblables au Froment, tout en confirmant l'origine hybridogène du *T. vulgare*, précisent en même temps la probabilité de cette parenté.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la nature chimique de l'haptène fixateur lipoïdique des bacilles tuberculeux tués par la chaleur.* Note de M. **Michel-A. Machebœuf**, Mmes **Georgette Lévy** et **Marguerite Faure**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons cherché à isoler la substance qui confère à certains extraits lipidiques des bacilles la propriété de fixer l'alexine en présence de sérums d'animaux ou d'hommes tuberculeux. En utilisant une technique que nous

(1) *Journ. of Genetics*, **22**, 1930, p. 201-278.
(2) *Comptes Rendus*, **194**, 1932, p. 1380-1382.
(3) E. Miège et M. Simonet, *Comptes rendus*, **198**, 1933, p. 1751-1758.

avons déjà décrite ([1]), nous avons pu préparer une grande quantité de fraction lipidique haptène brute en partant de grandes quantités de bacilles (souche bovine) tués par la chaleur. Cette fraction brute, séparée des autres lipides grâce à sa très faible solubilité dans l'acétone refroidi, fut la matière première du présent travail; son activité haptène était déjà très élevée.

Nous avons soumis cette fraction à divers fractionnements méthodiques et, grâce à une différence assez notable des solubilités dans l'alcool méthylique tiède (+ 40°C.), puis dans l'alcool méthylique refroidi (0°C.), nous avons pu obtenir trois fractions très différentes :

	Fraction I la moins soluble à + 40° C.	Fraction II intermédiaire, plus soluble à 40°, très peu soluble à 0°.	Fraction III la plus soluble à 0°.
Poids pour 100 de fraction brute.......	36	12	51
Phosphore pour 100..................	3,9	2,7	3,8
Azote pour 100......................	0,25	1,12	1,9
Activités, en unités arbitraires.........	1000	400	30

La fraction intermédiaire II, la moins abondante, est probablement un mélange de parties des fractions I et III avec un peu d'impuretés non phosphorées et inactives.

La fraction I, *si active comme haptène de fixation d'alexine, est absolument inactive comme haptène de précipitation :* c'est ainsi qu'un sol aqueux concentré contenant par centimètre cube 2^{mg} de cette fraction ne donne aucune précipitation avec un quelconque sérum de tuberculeux, alors qu'en présence de ce même sérum, ce même sol dilué de 1 à 2500 et utilisé à la dose de $0^{cm^3},25$ fixe encore 2,5 doses minima d'alexine ([2]).

La fraction I *est également inactive comme antigène;* car si on l'injecte au lapin elle ne provoque pas la formation d'anticorps de déviation ni de précipitation. *Les haptènes lipoïdiques de la fraction* I *sont donc des haptènes de fixation au sens le plus strict.*

Nous avons pu les purifier encore en les précipitant à basse tempé-

---

([1]) M. Macheboeuf, G. Lévy, N. Fethké, J. Dieryck et A. Bonnefoi, *Annales de l'Institut Pasteur*, 52, 1934, p. 277; M. Macheboeuf, G. Lévy et Chambaz, *ibid.*, 53, 1934, p. 591.

([2]) Réactions effectuées avec $0^{cm^3},25$ d'une suspension de globules rouges de mouton correspondant au sang dilué au dixième.

rature (0°C.) par addition à leur solution chloroformique concentrée d'un volume égal d'alcool méthylique refroidi. La fraction purifiée ainsi obtenue présente une activité haptène extrêmement élevée (1500) cette fraction purifiée contient 3,4 pour 100 de phosphore et seulement de faibles traces d'azote. Nous avons pu éliminer encore quelques traces d'impuretés azotées grâce à un nouveau fractionnement méthodique dans l'alcool méthylique, la teneur en azote fut alors inférieure à 0,15 pour 100. Au cours de tous ces essais, ce fut toujours d'ailleurs la fraction la plus pauvre en azote qui fut la plus active; il est donc vraisemblable que la substance active est une substance non azotée.

La fraction active purifiée est très soluble dans le chloroforme, soluble dans l'éther, presque insoluble dans l'acétone et très peu soluble dans l'alcool méthylique froid ou tiède. Elle est assez hygroscopique et, mise en présence d'eau, elle se gonfle rapidement, puis se met en sol colloïdal stable à grains très fins. Ce sont ces sols qui, même très dilués, présentent la propriété de fixer l'alexine en présence de sérums de tuberculeux.

L'affinité pour l'eau des substances actives est tellement grande que l'eau, agitée avec leur solution éthérée les extrait rapidement. Ce passage de l'éther dans l'eau se fait moins bien si la phase aqueuse est à un pH inférieur à 7. En milieu alcalin, l'activité haptène est détruite assez rapidement; elle disparaît aussi, mais plus lentement si le milieu est fortement acide ($pH < 3$).

La fraction III, soluble dans l'alcool méthylique refroidi (0°C.) est inactive comme haptène (de précipitation et de fixation) elle est constituée par des phosphatides (phosphore pour 100, 3,8; azote pour 100, 1,9; acides gras pour 100, 70). Elle contient d'ailleurs la presque totalité des phosphoaminolipides bacillaires et ceci prouve que *ce n'est pas aux phosphoaminolipides qu'il faut rapporter comme on l'avait cru l'activité haptène des lipides des bacilles tuberculeux*.

Notre fraction active purifiée, malgré sa très haute activité n'est probablement pas encore une substance pure, mais comme elle rassemble pratiquement la totalité de l'activité haptène de fixation des lipides bacillaires, on peut en tout cas dire que cette activité n'appartient pas à divers groupes de substances lipoïdiques, mais à un seul groupe très limité de ces substances ou peut-être même à une seule substance.

IMMUNOLOGIE. — *De l'immunisation locale de la peau contre le sarcome de la souris.* Note de MM. **Alexandre Besredka** et **Ludwik Gross**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons montré ([1]) que le sarcome, inoculé à des souris dans la peau, est susceptible de se résorber, après avoir donné naissance à une tumeur de même nature ([2]). De telles souris, dès qu'elles sont complètement débarrassées de leur tumeur intracutanée, ne réagissent plus lors d'une nouvelle inoculation : qu'on leur introduise une émulsion sarcomateuse dans la peau ou sous la peau, elles demeurent réfractaires, à la condition que la dose inoculée ne soit pas massive. En rapprochant ce fait de celui observé par l'un de nous ([3]) dans le charbon, nous avons émis l'idée que l'immunité antisarcomateuse de la souris, tout comme l'immunité anticharbonneuse, est due, en grande partie, au moins, à la cuti-vaccination, c'est-à-dire à la vaccination locale de la peau.

Depuis, des expériences portant sur les inoculations pratiquées dans la cavité péritonéale nous ont montré que dans le sarcome, comme dans l'infection charbonneuse, les animaux ayant bénéficié de la cuti-vaccination deviennent également réfractaires à l'inoculation de sarcome dans le péritoine.

Comme il ressort de nos expériences préliminaires, il suffit d'injecter à des souris dans la cavité péritonéale une goutte d'émulsion sarcomateuse, diluée à 10-20 pour 100, pour provoquer la mort certaine dans les 15-25 jours qui suivent. La mort dans ce cas est due à une sarcomatose péritonéale généralisée. A l'autopsie, on trouve, soit de petites granulations sarcomateuses, extrêmement nombreuses au niveau du mesentère et un exsudat péritonéal, abondant (2-4$^{cm^3}$), parfois sanguinolent, riche en globules blancs, soit deux-trois grandes tumeurs au milieu d'un exsudat peu abondant.

Fait à noter, dans la plupart des cas, on constate, juste au point où l'aiguille inoculatrice a traversé les parois, une petite tumeur sarcomateuse dans la peau, et une autre au niveau de la paroi abdominale, c'est-à-dire

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 175 et p. 790.

([2]) Le même phénomène de résorption a été observé par nous avec le sarcome dit S. 37; nous y reviendrons ultérieurement.

([3]) A. Besredka, *Annales de l'Institut Pasteur*, 35, 1921, p. 421.

là où les cellules se trouvaient souillées par le virus sarcomateux à l'aller ou au retour, ce qui rapproche le sarcome de l'infection charbonneuse. Faisons remarquer que des résultats identiques ont été obtenus chez des souris auxquelles nous avons inoculé dans le péritoine, au lieu d'émulsion de tumeur, du liquide d'ascite sarcomateux, fortement dilué ($0^{cm^3},5$ à 1 pour 1000).

Voici une de ces expériences :

Le 15 janvier, sur six souris inoculées dans la peau, les tumeurs intracutanées, ayant fait leur apparition vers le 22 janvier, se sont résorbées chez trois d'entre elles, le 10 février. Le 1er mars, on inocule dans le péritoine de ces dernières $0^{cm^3},25$ d'une émulsion sarcomateuse à 20 pour 100. Ces trois souris demeurent indemnes; trois souris témoins, inoculées dans les mêmes conditions, succombent dans les 20 jours d'une sarcomatose péritonéale généralisée.

Plusieurs auteurs ayant déclaré que l'émulsion d'organes normaux ou de tissu embryonnaire normal sont capables de préserver les souris contre l'inoculation de tumeurs malignes, nous avons institué dans cet ordre d'idées toute une série d'expériences. En voici deux :

A. Le 4 mars, six souris reçoivent dans le péritoine $0^{cm^3},3$ d'une émulsion chargée d'organes (foie, rate, reins). Le 20 mars, on leur inocule dans le péritoine $0^{cm^3},25$ d'une émulsion sarcomateuse à 20 pour 100. Toutes ces souris, ainsi que cinq souris témoins, inoculées dans les mêmes conditions, succombent dans les deux semaines d'une sarcomatose péritonéale généralisée.

B. Le 6 avril, sept souris sont préparées, au moyen de tissu embryonnaire, par la voie intracutanée. Le 10 avril, on leur inocule, ainsi qu'à un nombre égal de témoins, sous la peau, $0^{cm^3},25$ d'une émulsion sarcomateuse à 20 pour 100. Dans la semaine qui suit, toutes ces souris ont présenté des tumeurs.

Nous reviendrons sur l'effet protecteur que certains attribuent aux organes et au tissu embryonnaire normaux. Ici nous nous contentons d'observer que si, dans quelques cas rares, ces tissus, injectés dans la peau, semblent conférer une sorte d'immunité partielle contre l'inoculation péritonéale, jamais nous n'avons pu constater un effet de cet ordre chez les souris auxquelles le sarcome avait été inoculé sous la peau.

Contrairement à ce qui a été avancé par certains auteurs, nous n'avons pas réussi à conférer l'immunité en injectant une émulsion d'un adénocarcinome spontané avirulent de la souris. Les résultats de l'immunisation

ont été également négatifs lorsque nous préparions les souris avec des doses de sarcome ne donnant pas lieu à des tumeurs intracutanées : dans tous ces cas, les souris se comportaient, lors des inoculations ultérieures, comme des animaux neufs.

Pour nous résumer, l'immunité ne saurait être réalisée qu'à la condition : *a*, que la tumeur fraîchement préparée soit injectée strictement dans la peau; *b*, que la dose injectée soit faible, mais suffisante pour provoquer une tumeur intracutanée; *c*, que cette tumeur intracutanée soit complètement résorbée.

De l'ensemble de ces expériences et de celles relatées antérieurement, portant sur plus de quinze cents souris, il ressort que, chez la souris, la vaccination locale par la voie intracutanée est susceptible de créer une immunité certaine vis-à-vis du sarcome inoculé dans la peau, sous la peau ou dans le péritoine, et que cette immunité est solide et spécifique.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

E. P.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 MAI 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

LITHOLOGIE. — *Constitution des phosphates sénoniens de Syrie.* Note de M. LUCIEN CAYEUX.

Les phosphates, qui font l'objet de la présente Note, m'ont été procurés par la section d'Études géologiques du Haut-Commissariat de la République française, auprès des États du Levant sous Mandat français, que dirige M. L. Dubertret. Ces phosphates sont actuellement connus en trois points du désert syrien : 1° sur le dôme de Soukhné, au Nord-est de Palmyre; 2° dans le Djebel Cheik Ibrahim, au Nord de Soukhné, et sur le flanc méridional du Djebel Getbar, au Nord-ouest de Palmyre. Mes échantillons d'études ont été prélevés par M. Vautrin, Ingénieur civil des Mines, qui a procédé à la reconnaissance des gisements. La plupart d'entre eux diffèrent beaucoup des craies phosphatées du Bassin de Paris, bien qu'ils appartiennent, comme elles, à l'époque campanienne.

La caractéristique fondamentale des phosphates campaniens du Bassin de Paris est fournie par des grains dont la structure est calquée sur celle des oolithes. En d'autres termes, chaque grain comprend un noyau, de nature organique ou non, et une enveloppe à structure finement concentrique. Pareille constitution, tout à fait exceptionnelle en Syrie, n'a été observée, jusqu'à présent, que dans un échantillon recueilli au Nord-ouest de Palmyre.

D'une manière générale, les éléments phosphatés se présentent sous la forme de grains arrondis ou non, de taille variable, indifférenciés et

amorphes dans toute leur épaisseur, engendrés par épigénie de matériaux calcaires, ainsi qu'en témoignent de nombreuses inclusions à contours rongés. Par exception, les grains simples du type précédent sont accompagnés d'éléments composés, eux-mêmes phosphatés, résultant d'un phénomène de remaniement. Ceux-ci revêtent une certaine fréquence dans les phosphates du Nord-ouest de Palmyre, où ils figurent des complexes, toujours empruntés à la formation même dont ils font partie, sans qu'il y ait émersion.

La remise en mouvement des grains phosphatés, qui est une règle absolue pour tous les gisements, n'entraîne pas nécessairement la présence ou la fréquence du quartz détritique. Des phosphates du Djebel Cheik Ibrahim sont passablement quartzeux; d'autres, comme le phosphate à grains oolithiques du Nord-ouest de Palmyre, n'en montrent pas un seul représentant dans les coupes minces, bien que les complexes remaniés y soient très répandus. L'étude de la répartition du quartz dans les différents gisements nous conduirait, une fois de plus, à la conclusion que les phénomènes de remaniement, en milieu phosphaté, peuvent se produire en des points éloignés de la terre-ferme.

La place réservée aux organismes est, tantôt, de première importance, et, tantôt, nulle. On peut leur rapporter des fragments de tissu osseux, des Foraminifères, des Radiolaires, des restes de taille très exiguë, inclus dans les grains, et de très rares représentants d'autres groupes.

La plupart des échantillons analysés sont pauvres en débris de tissu osseux. Une exception, relevant du Djebel Cheik Ibrahim, en est tellement riche qu'il convient de la ranger parmi les microbrèches ossifères typiques.

Les Foraminifères interviennent dans la constitution des dépôts avec des degrés de fréquence extrêmement variables. La totalité de mes matériaux originaires de la région de Soukhné en est complètement dépourvue. En revanche, ils abondent dans les phosphates du Djebel Cheik Ibrahim, auxquels ils prêtent une physionomie très aberrante par rapport aux phosphates du Bassin de Paris. Tel phosphate de cette région est riche en Bulimes, au point que chaque préparation en renferme des centaines. Tel autre, du même gîte, mais exceptionnel à ce qu'il semble, contient de nombreuses Globigérines, Rotalines, Bulimes, etc. Cette faune de Foraminifères, qui tire sa caractéristique de l'abondance des Bulimes, est foncièrement différente de celle de nos craies phosphatées du Bassin de Paris, lesquelles sont, par excellence, des craies à Textulaires. A l'inverse de ce qui se passe dans le Bassin parisien, les Foraminifères sont, pour ainsi dire,

rebelles à la concentration du phosphate dans les loges. Il résulte, de ce chef, une différence profonde entre les deux catégories de dépôts.

L'intervention des Radiolaires pose un problème d'océanographie qui mérite de retenir l'attention. Dans un échantillon du Djebel Cheik Ibrahim des grains, en petit nombre, renferment des Radiolaires, à raison d'un individu par élément. De leur état de conservation on peut inférer que ces organismes sont en régression, et qu'ils ont été plus fréquents dans le passé. De nature calcaire, la gangue dudit phosphate est pétrie de Foraminifères du groupe des Bulimes. Les Radiolaires appartiennent en propre aux grains et les Foraminifères au ciment. Il y a donc dualité d'origine des matériaux constituants, se traduisant par l'inclusion de représentants d'une vase à Radiolaires dans une vase à Foraminifères.

Quantité de grains ont apporté avec eux de minuscules globules dont le diamètre peut descendre à quelques μ et de tout petits éléments, à facies de spicules, les uns et les autres pleins, noirs et opaques, d'origine certainement organique. Leur fréquence dans un grain donné peut être grande.

La gangue est tour à tour crayeuse, transformée en calcite, ou en voie d'épigénie par le phosphate de chaux, voire même silicifiée. Jamais la substitution du phosphate au calcaire n'est poussée très loin, et la presque totalité de cette substance est liée à la présence des grains.

En dépit des différences profondes qui séparent les phosphates de Syrie de ceux du Bassin de Paris, leur histoire est la même dans ses traits essentiels. De part et d'autre il existe deux temps de formation; le premier correspondant à la mise en place des grains, préalablement phosphatés et le second à une amorce de phosphatisation de la gangue. De plus, qu'il s'agisse des grains ou du ciment, l'élaboration du phosphate implique un phénomène de substitution au carbonate de chaux.

Un point reste à élucider dans l'enchaînement des circonstances qui ont favorisé le développement des phosphates en Syrie. Pour l'instant, on ne sait pas si la loi, qui régit la formation des phosphates sédimentaires en général, est applicable aux gisements de Syrie. Bref, aucune observation relative au mur des couches phosphatées ne permet d'affirmer que leur dépôt a été inauguré par un trouble important dans les conditions de milieu. Mais il est à prévoir que l'analyse détaillée des gisements les fera rentrer dans le cas général.

MYCOLOGIE. — *Sur un Champignon nouveau, parasite des capsules du Cotonnier, l'*Eremothecium Ashbyii *et ses relations possibles avec le* Spermophthora Gossypii *et les Ascomycètes.* Note [1] de M. **Alexandre Guilliermond.**

Le Champignon que nous décrivons ici est un parasite des capsules du Cotonnier, isolé à Berber (Soudan) par le phytopathologiste anglais R. E. Massey et dont l'étude nous a été confiée par M. S. F. Ashby. Il se cultive facilement et forme sur les milieux solides une végétation d'aspect gélatineux et de couleur jaune. Le mycélium croît par dichotomie plus ou moins régulière et se montre d'abord dépourvu de cloisons, puis forme aux dépens de la membrane des bouchons de callose qui obstruent de place en place les filaments et les divisent en articles plurinucléés, d'inégales longueurs. Dans les parties du mycelium où la croissance se ralentit, on voit apparaître un pigment jaune qui se trouve en solution dans les vacuoles et peut fréquemment y cristalliser sous forme d'aiguilles assemblées en amas ou en faisceau ou à l'état de sphérocristaux. Ce pigment ne montre pas les caractères des composés phénoliques et nous n'avons pas précisé sa nature.

La reproduction s'effectue au moyen de sporanges qui apparaissent au bout de 48 heures en grand nombre, sous forme de petits renflements fusiformes, disposés en files dans la région subterminale des filaments et surtout dans les régions intercalaires. Ces renflements renferment toujours, dès le début, plusieurs noyaux, le plus souvent de 2 à 4; ils se délimitent parfois tardivement par des cloisons transversales qui sont des sortes de bouchons de callose, puis grossissent jusqu'à atteindre de $68^{\mu},2$ à $87^{\mu},5$ de long sur 14^{μ} ou 15^{μ} de large, tandis que leurs noyaux subissent des mitoses qui paraissent s'effectuer par le même processus que dans l'asque des Ascomycètes supérieurs. Les noyaux résultant de celles-ci se placent ensuite dans l'axe longitudinal du sporange où se concentre un cytoplasme sporogène très chromophile, tandis que le reste du sporange est occupé par un épiplasme vacuolaire, riche en métachromatine, en graisses et en glycogène. Bientôt le cytoplasme sporogène se condense autour de chaque noyau pour former des spores fusiformes. Celles-ci s'accroissent en absorbant l'épiplasme. Parfois les sporanges nés aux dépens d'un filament en voie de se

(1) Séance du 29 avril 1935.

ramifier présentent l'aspect de fourches. Il arrive enfin que les sporanges formés en files aux dépens d'un filament ne se séparent pas par des cloisons transversales et restent indivis. Lorsque le sporange est mûr, les spores apparaissent disposées sans ordre, en s'entrecroisant, et il est très difficile de les compter; il semble néanmoins que leur nombre puisse varier de 4 à 32, mais le plus souvent il paraît être de 12 à 16.

Les spores mesurent de 29^{μ} à $31^{\mu},8$ de long sur 2^{μ} à $2^{\mu},77$ de large; elles ont une extrémité arrondie ou en biseau et l'autre très effilée et arquée qui se termine en pointe aiguë et semble vide de cytoplasme. Le reste de la spore est occupée par un cytoplasme dense renfermant de petites vacuoles à métachromatine et des granulations graisseuses, le noyau est placé au centre. Transportées sur un milieu frais, ces spores germent en émettant, sur un point quelconque de leur surface, un tube germinatif qui se dichotomise et reproduit le mycélium porteur de sporanges.

Ce Champignon présente une grande ressemblance avec l'*Ashbya* (*Nematospora*) *Gossypii* Ashby et Nowell et surtout avec l'*Eremothecium cymbalariæ* Borzi. Ses spores paraissent identiques à celles de ce dernier et se distinguent de celles d'*A. Gossypii* par leur forme arquée et l'absence d'appendice flagelliforme à leur extrémité arrondie. Bien que les spores ne soient pas disposées en faisceau dans le sporange comme dans *E. cymbalariæ*, nous croyons pouvoir incorporer ce Champignon dans le genre *Eremothecium* sous le nom d'*E. Ashbyii*.

Il est très difficile de situer ce Champignon dans la classification. Par son mycélium, l'*E. Ashbyii* se rapproche des Siphomycètes et ses sporanges, bien que présentant une grande ressemblance avec l'asque des Ascomycètes par le mode de formation des spores, en diffèrent par le fait qu'ils dérivent toujours d'articles plurinucléés, il ne semble donc pas possible d'assimiler ceux-ci à des asques et de rapprocher ce Champignon des Endomycétacées.

L'*E. Ashbyii* présente, d'autre part, une incontestable ressemblance avec la forme gamétophytique du *Spermophthora Gossypii* Ashby et Nowell dont nous avons fait l'étude cytologique (1927-28) (1). Rappelons que ce Champignon offre un mycélium gamétophytique dépourvu de cloisons transversales et qui forme aux extrémités des filaments des gamétanges tout à fait comparables aux sporanges d'*E. Ashbyii*, renfermant de nombreux gamètes fusiformes. Ceux-ci mis en liberté se conjuguent deux à deux dans le milieu où ils se sont formés et les zygospores résultant de l'union de deux

(1) *Rev. gén. Botanique*, 40, 1928, p. 328.

gamètes germent immédiatement en produisant un court mycélium sporophytique, divisé par des cloisons en cellules uninucléées, et dont les extrémités des rameaux se transforment en petits asques typiques à 8 ascospores. Celles-ci, placées dans un milieu frais, reproduisent le mycélium gamétophytique.

Ce Champignon, cultivé depuis 8 ans à notre laboratoire et au laboratoire de Baarn, a subi une curieuse transformation. Ses gamétanges produisent des gamètes incapables de se conjuguer dans le milieu où ils se sont formés. Transportés sur chambre humide, dans un milieu frais, ces gamètes se comportent comme des spores et germent en reproduisant directement le mycélium gamétophytique. Il y a donc eu, à la suite de cultures prolongées au laboratoire, suppression de la sexualité et du sporophyte.

Une telle transformation ne peut s'expliquer que par les deux hypothéses suivantes : l'une consiste à supposer que le *Spermophthora* est capable de former normalement à la fois des gamétanges et des sporanges asexués ayant exactement les mêmes formes et ne se distinguant que par le fait que les derniers donnent naissance à des spores reproduisant le mycélium gamétophytique. Les gamétanges auraient disparu et seuls les sporanges subsisteraient, multipliant le mycélium gamétophytique. La seconde hypothèse consiste à admettre que les gamètes formés dans les gamétanges germeraient parthénogénétiquement en reproduisant directement le mycélium gamétophytique, comme cela s'observe dans certaines Algues brunes (*Cutleria*).

Quoi qu'il en soit, ces faits suggèrent l'hypothèse que les genres *Eremothecium* et *Ashbya* pourraient correspondre à des formes voisines du *Spermophthora*, ayant subi la même transformation que nous avons constatée chez ce Champignon, à la suite de cultures prolongées au laboratoire. Ces trois genres constitueraient ainsi les représentants d'un groupe ancestral d'Ascomycètes inférieurs servant d'intermédiaire entre les Siphomycètes et les Ascomycètes.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Sur la stabilisation d'une fréquence de battement par compensation des coefficients de température.* Note de MM. **Armand de Gramont** et **Daniel Beretzki.**

La fréquence d'un maître-oscillateur peut être modifiée par la température propre du cristal et par différentes réactions électriques; aussi doit-on

avoir recours pour stabiliser cette fréquence à des dispositifs assez complexes constitués en général par des thermostats et des séparateurs.

Il nous a paru intéressant de rendre la fréquence indépendante de toute cause perturbatrice. La méthode que nous avons employée est basée sur le battement de deux quartz piézoélectriques de fréquences différentes et dont les deux coefficients de température ont des valeurs respectives bien déterminées.

Considérons deux cristaux de coefficient K et K′ dont les fréquences à 0° sont f_0 et f'_0; à la température t ces fréquences seront

$$f = f_0(1 + Kt), \qquad f' = f'_0(1 + K't).$$

Pour que la fréquence de battement soit constante, la différence $f - f'$ ne doit pas varier; il est facile de voir que ceci est réalisé si

$$f_0 K = f'_0 K'. \tag{1}$$

Le choix de f et de f' ne présente pas de difficultés; les valeurs des coefficients K et K′ sont obtenues en cherchant une orientation cristalline convenable de la lame piézoélectrique.

Pratiquement, si l'égalité (1) n'est pas exactement réalisée, c'est-à-dire si la fréquence f' par exemple est entachée d'une erreur $\Delta f'$, la fréquence varie légèrement avec la température; un calcul simple montre que cette variation est donnée par la relation

$$\Delta(f - f') = \Delta f' K t.$$

Or on sait que le coefficient K est au plus égal à 1/50000°.

Nous avons pu ainsi réaliser des couples de quartz dont la fréquence de battements était constante dans un intervalle de 50° à 1.10^{-5} et même à 1.10^{-6} de leur valeur.

Pour obtenir une stabilité comparable avec un quartz isolé, il faudrait que sa température propre soit constante à 1/10° de degré.

Cette méthode permet de plus d'éviter la dérive de fréquence due aux réactions : en effet la fréquence du poste émetteur dépend uniquement du battement $f - f'$; il est facile de choisir respectivement pour f et f' des valeurs n'ayant aucun rapport simple avec celle du battement; les réactions électriques de l'émission sur le maître-oscillateur se trouvent ainsi évitées.

Ce dispositif nous a paru plus stable que celui qu'on peut réaliser en utilisant un quartz unique à très faible coefficient de température.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *L'adsorption de l'ovalbumine à la surface libre de ses solutions lorsque la concentration de celles-ci varie de* 10^{-2} *à* 10^{-8}. Note [1] de M. **Henri Devaux**.

J'ai insisté [2] sur les variations d'épaisseur des lames d'albumine en relation avec le pH de la liqueur. Mais on peut avoir aussi des épaisseurs variées en relation seulement avec la concentration des solutions sur lesquelles elles apparaissent par adsorption, et il y a intérêt à déterminer ces épaisseurs obtenues à pH constant.

Méthode. — On sait qu'au point isoélectrique, c'est-à-dire pour pH = 4,8, les solutions d'albumine donnent un film présentant le minimum d'épaisseur $0^{m\mu},9$. Si donc on possède une lame d'albumine plus épaisse que ce minimum et qu'on l'élargisse, elle s'étendra jusqu'à l'épaisseur $0^{m\mu},9$, et l'épaisseur primitive sera représentée par le quotient de la nouvelle surface par la surface primitive.

L'application de cette méthode simple nécessite toutefois plusieurs conditions :

1° Il faut que le voile épais soit réellement extensible jusqu'au minimum d'épaisseur. Je me suis assuré que cette condition est remplie dans de très larges limites, mais non pour le blanc d'œuf pur qui est une solution d'albumine à 1/10e environ. Nous avons dès lors limité nos déterminations à la concentration maxima de 1/100e.

2° Le minimum présente de petites variations en relation avec la température et avec la nature du blanc d'œuf ayant servi à préparer les solutions. Nous avons pris la précaution de déterminer ce minimum avant chaque mesure : il s'est trouvé compris entre $1^{m\mu},10$ et $1^{m\mu},17$, légèrement supérieur par conséquent à 0,9.

3° L'albumine diffusant très lentement, le film se forme avec une grande lenteur quand la solution est très diluée. J'y ai remédié en opérant dans la cuvette plate où la profondeur des couches liquides n'est que de 2 à 3^{mm} et en prolongeant tous les essais pendant 24 heures.

4° Quand, au contraire, la solution est plus concentrée que 10^{-6}, le film est rapidement formé, mais il reste alors de l'albumine dans la solution, albumine qu'il faut enlever par lavage avant d'essayer d'élargir le voile. De

---

(1) Séance du 15 avril 1935.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1352.

tels lavages sont délicats à effectuer, et il est à craindre qu'ils diminuent l'épaisseur réelle du voile. L'expérience a cependant démontré qu'un voile lavé garde une épaisseur plusieurs fois supérieure au minimum $0^{m\mu},9$.

Application. — Examinons d'abord le cas des solutions très diluées :

1° Une solution à 1.10^{-6} d'albumine a produit en 24 heures un voile rigide de $1^{m\mu},68$ et s'est appauvrie à $0,35.10^{-6}$. Comme l'équilibre s'est établi avec cette solution finale, on doit en conclure que, *jusqu'à la dilution de* $0,35.10^{-6}$, l'albumine abandonne ses solutions pour se concentrer en un voile superficiel très rigide où les molécules sont serrées dans la proportion de $1,68/1,17 = 1,44$.

2° Pour la concentration 10^{-7}, j'ai établi d'avance sur la solution un voile monomoléculaire d'albumine de $1^{m\mu},17$. Au bout de 24 heures, ce voile avait acquis $1^{m\mu},34$ d'épaisseur tandis que le titre de la solution baissait à $0,37.10^{-7}$. Donc, jusqu'à cette dilution excessive de 3,7 cent-millionièmes, l'adsorption épaississante se manifeste encore.

3° Pour la concentration 1.10^{-8}, je n'ai pas essayé de voir si un semblable épaississement se produit aussi, mais j'ai constaté avec certitude que l'albumine abandonnait toujours la solution pour se rassembler à la surface. Il m'a même semblé que la *totalité* (1,5/1000e de milligramme) de la substance dissoute, était passée à l'état de voile superficiel, y donnant une surface monomoléculaire de 12^{cm^2}; dès lors le liquide restant contenait moins de 10^{-9} d'albumine.

4° Pour les solutions relativement concentrées, de 10^{-5} à 10^{-2}, il a fallu opérer des lavages prolongés. Les films produits se sont montrés d'autant plus épais que les solutions étaient plus concentrées.

La courbe ci-après, en trait plein, résume les résultats.

Formule de l'adsorption de l'albumine. — Parmi les diverses formules de l'adsorption, celle proposée par Freundlich semble une des plus acceptables

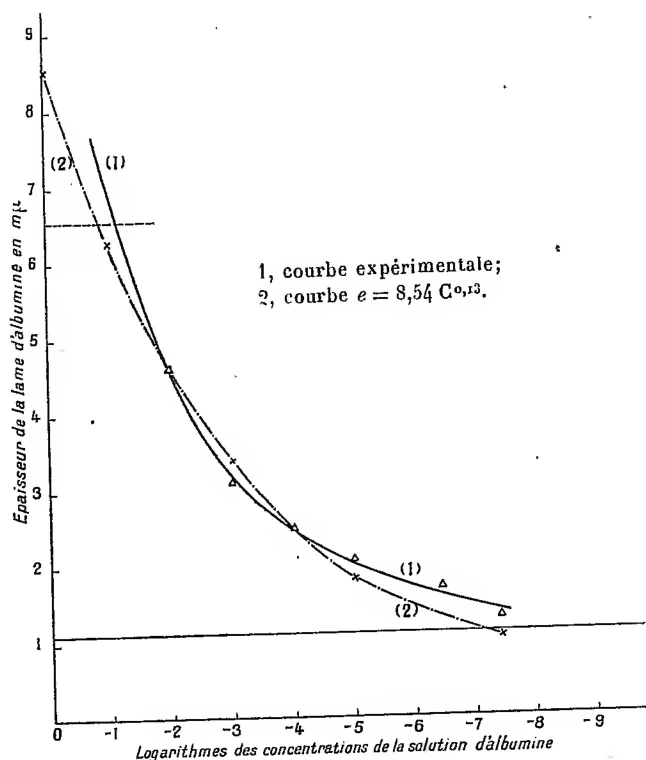
$$C_1 = KC_2^n.$$

Dans cette formule C_1 représente la concentration dans l'adsorbat, C_2 la concentration dans la solution, K et n sont deux constantes. Ici la concentration est évidemment représentée par l'épaisseur e. J'ai calculé à partir de deux des données expérimentales de e (2,50 et 4,62) les valeurs de K et de n, ce qui a conduit à l'équation suivante

$$e = 8,54.C^{0,13}$$

au moyen de laquelle ont été établies, d'abord les épaisseurs théoriques, ensuite la courbe correspondante (en pointillé).

L'allure de cette courbe théorique est analogue à celle de la courbe expérimentale, mais elle présente de fortes différences aux extrémités.



Conclusions. — 1° L'épaisseur des voiles formés par adsorption aux dépens de solutions d'albumine, même extrêmement dilués, est toujours supérieure à celle d'une lame monomoléculaire établie à partir d'une solution tamponnée au point isoélectrique de l'albumine.

2° Cette épaisseur croît avec la concentration mais beaucoup moins vite que celle-ci.

3° La courbe des épaisseurs, en rapport avec le logarithme des concentrations, a l'allure ordinaire des courbes d'adsorption, avec absence de limite, spécialement du côté des solutions de plus en plus diluées.

4° Une équation théorique de cette adsorption de l'albumine a pu être calculée, mais elle ne représente le phénomène que d'une manière approchée.

Nota. — En mettant un fragment d'albumine sèche au contact de l'eau, il se produit un voile de plus en plus épais. Le maximum de l'épaisseur

ainsi trouvée à été de $6^{m\mu},54$. Ce maximum se trouve sur le prolongement de la courbe, sans que nous puissions préciser à quelle concentration de solution il correspondait.

NOMINATIONS.

M. **Georges Perrier** représentera l'Académie, avec MM. **Henri Deslandres** et **Aymar de La Baume Pluvinel** déjà désignés, à la célébration du Centenaire de la fondation de l'Observatoire royal de Belgique.

PLIS CACHETÉS.

M. **A. L. Tchijevsky** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 15 avril 1935 et enregistré sous le n° 11014.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note sur *La fonction électrostatique de l'appareil respiratoire.*

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre des Colonies** invite l'Académie à lui présenter des candidats aux postes de Directeur et d'Assistant de l'*Institut océanographique de l'Indochine*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur quelques propriétés affines.*
Note de M. **Georges Tzitzéica**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Nous allons donner, pour une courbe quelconque C d'un espace linéaire à n dimensions, une expression métrique, qui reste invariante

après toute transformation affine unimodulaire laissant invariable un point fixe O.

Pour les cas $n = 2$ et 3, on connaît depuis longtemps les invariants correspondants.

Pour $n = 2$, si d signifie la distance du point fixe O à la tangente en M à la courbe C et ω_1 la courbure en M, on a l'expression $I = d^3 : \omega_1$.

Pour $n = 3$, si d est la distance au plan osculateur en M à la courbe C et ω_2 la torsion en M, on a $I = d^4 : \omega_2^2$.

Pour le cas général on a

$$I = d^{n+1} \frac{(\omega_1^{n-2} \omega_2^{n-3} \ldots \omega_{n-2})^{n+1}}{(\omega_1^{n-1} \omega_2^{n-2} \ldots \omega_{n-1})^{n-1}},$$

où d est la distance du point fixe O à l'espace linéaire à $n - 1$ dimensions osculateur en M à la courbe C et $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_{n-1}$ les $n - 1$ courbures de cette courbe en M.

La démonstration est aisée, en remarquant qu'on a

$$I = D^{n+1} : \Delta^{n-1},$$

D et Δ étant les déterminants

$$D = | x \quad x' \quad x'' \quad \ldots \quad x^{(n-1)} |, \qquad \Delta = | x' \quad x'' \quad \ldots \quad x^{(n)} |$$

formés avec les coordonnées $x_1, x_2, \ldots, x_n$ du point M de la courbe et leurs dérivées par rapport au paramètre t.

2. On peut faire du résultat précédent une application particulièrement intéressante aux réseaux à invariants égaux et à suite de Laplace périodique.

On peut définir un tel réseau, si n est la période de la suite, par un système de la forme

$$x_n = m x, \qquad x_{uv} = h x, \qquad m = \text{const.},$$

x_n étant le $n^{\text{ième}}$ transformé de Laplace dans le sens des courbes v, ou bien par

$$x_{n-i} = A x_{-i}, \qquad x_{uv} = h x, \qquad 0 \leqq i \leqq n,$$

A étant une fonction déterminée de u et v. Un de ces systèmes détermine projectivement le réseau dans un espace linéaire à $n - 1$ dimensions.

Il est loisible d'interpréter le système précédent comme définissant une surface S dans un espace affine à n dimensions.

Dans ce cas les courbes u et v de la surface sont des courbes analogues

aux lignes asymptotiques de notre espace. Ce sont, d'après la terminologie de M. Bompiani, des lignes quasi-asymptotiques.

On peut démontrer que la courbe u et la courbe v qui se croisent en un point quelconque M de la surface S, ont en ce point la même valeur pour l'invariant I et que cette valeur reste constante tout le long de la surface S.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités de types spéciaux d'une fonction donnée par son développement en série de Dirichlet.* Note [1] de M. **Ivan Braïtzeff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous avons donné [2] une méthode à l'aide de laquelle la détermination de l'allure d'une fonction définie par la série de Dirichlet

$$f(s)=\sum_{0}^{\infty} a_n e^{-s\lambda_n}, \tag{1}$$

au voisinage d'un point singulier quelconque, se ramène à celle de la série de Taylor

$$\theta_{\alpha,\varphi}(z)=\sum_{0}^{\infty} z^n n \mathfrak{I}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i}), \tag{2}$$

$$\mathfrak{I}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i})=\sum_{0}^{\infty} \frac{a_t n^{\alpha\lambda_t} e^{\lambda_t \varphi i}}{\Gamma(\alpha\lambda_t+2)}, \tag{2'}$$

où $0 \leqq \varphi < 2\pi$ et $0 < \alpha \leqq 1$. Nous supposons que $0 < \lambda_n < \lambda_{n+1}$, $\lim \lambda_n = \infty$, $\log n/\lambda_n < A < \infty$. Entre les points singuliers ξ de la fonction

$$\theta(z)=\sum_{0}^{\infty} a_n z^{\lambda_n}, \tag{3}$$

que l'on déduit de la fonction (1) par la substitution e^{-s}/z et les points singuliers correspondants η de la fonction $\theta_{\alpha,\varphi}(z)$, existe la relation

$$\eta=\exp.\left(-\xi^{-\frac{1}{\alpha}} e^{\frac{\varphi i}{\alpha}}\right). \tag{4}$$

On peut toujours choisir φ et α de telle manière que, sur la circonférence

---

(1) Séance du 15 avril 1935.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1005.

du cercle de convergence de la série (2), $|z| = r_{\alpha,\varphi}$, où

$$\frac{1}{r_{\alpha,\varphi}} = \overline{\lim_{n\to\infty}} \sqrt[n]{|\mathfrak{Z}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i})|}, \tag{5}$$

il n'y ait qu'un point singulier de la fonction $\theta_{\alpha,\varphi}(z)$.

Nous supposerons cette condition remplie.

Transformons alors la série (2) à l'aide de la substitution

$$z \Big| z\, e^{-\xi} e^{-\frac{1}{\alpha}} e^{\frac{\varphi i}{\alpha}}. \tag{6}$$

Nous aurons

$$\Phi_{\alpha,\varphi}(z) = \sum_0^\infty a_n^{(\xi)} z^n, \tag{7}$$

$$a_n^{(\xi)} = e^{\varphi i} n\, e^{-n\xi} e^{-\frac{1}{\alpha}} e^{\frac{\varphi i}{\alpha}} \mathfrak{Z}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i}). \tag{7'}$$

Reste à déterminer l'allure de la fonction au voisinage de $Z = 1$.

Appliquons notre méthode à la recherche des pôles et des points singuliers algébrico-logarithmiques de la fonction $f(s)$ définie par (1). Soit

$$\Phi_{\alpha,\varphi}(z) = (1-z)^{-m} F(z), \tag{8}$$

où m est un nombre entier positif et $F(1) \neq 0$.

Comme il est bien connu, on a

$$a_n^{(\xi)} = \frac{F(1)}{\Gamma(m)} n^{m-1}(1+\delta_n), \qquad \lim_{n\to\infty} \delta_n = 0. \tag{9}$$

En vertu du résultat (9), on conclut : *pour que le point singulier* $\log 1/\xi$ *de la fonction* $f(s)$ *soit un pôle, il faut et il suffit que les quantités* $a_n^{(\xi)}$ *satisfassent aux conditions suivantes : 1° l'expression* $\log|a_n^{(\xi)}|/\log n$ *doit avoir une limite pour* $n \to \infty$; *2° l'ordre* ω *de la fonction* $\Phi_{\alpha,\varphi}(z)$ *sur la circonférence* $|z| = 1$ *doit être un nombre entier positif; et 3°* $\overline{\lim_{n\to\infty}} \sqrt[n]{|b_n^{(\xi)}|} < 1$, où

$$b_n^{(\xi)} = \sum_0^\omega (-1)^s c_\omega^s a_{n-s}^{(\xi)}, \qquad c_\omega^s = \frac{\omega(\omega-1)\dots(\omega-s+1)}{s!}. \tag{10}$$

Comme autre application de notre méthode, envisageons le cas des singularités algébrico-logarithmiques de la fonction (1). Soit

$$\Phi_{\alpha,\varphi}(z) = A_q \frac{\left(\log\frac{1}{1-z}\right)^q}{(1-z)^\rho} + \theta_1(z), \qquad \theta_1(z) = B_{q'} \frac{\left(\log\frac{1}{1-z}\right)^{q'}}{(1-z)^{\rho'}} + \theta_2(z), \qquad \dots, \tag{11}$$

le nombre des fonctions $\theta_1(z)$, $\theta_2(z)$, ... étant fini et $R(\rho) \gtreqless R(\rho') \gtreqless \ldots$ $(\rho \neq 0, -1, -2, \ldots)$.

Alors, comme il est bien connu,

$$(12) \qquad b_n^{(\xi)} = A_q \frac{n^{\rho-1}(\log n)^q}{\Gamma(\rho)}(1+\mu_n), \qquad \lim_{n\to\infty} \mu_n = 0.$$

En vertu de la relation (12), on trouve

$$(13) \qquad \begin{cases} \rho = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{\log b_n^{(\xi)}}{\log n} + 1, & A_q = \Gamma(\rho) \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{b_n^{(\xi)}}{n^{\rho-1}(\log n)^q}; \\ q = \lim\limits_{n\to\infty} \dfrac{\log |d_n^{(\xi)}|}{\log^2 n}; & d_n^{(\xi)} = \dfrac{b_n^{(\xi)}}{n^{\rho-1}}. \end{cases}$$

Par cette voie, on trouve la partie principale de l'expression $\Phi_{\alpha,\varphi}(z)$ qui figure dans (11), ensuite celle de l'expression $\theta_1(z)$, etc.

En choisissant de la façon correspondante les quantités φ et α, nous trouverons tous les points singuliers de la nature cherchée de la fonction $\Theta(z)$, si ces points existent, et conséquemment ceux de la fonction (1).

La méthode peut être appliquée à la recherche des singularités de quelques autres natures de la fonction (1), par exemple, des points singuliers essentiels isolés, etc.

La même méthode peut être appliquée aux séries de Taylor ($\lambda_n = n$) ou de facultés, aux séries de fonctions analytiques (et de polynomes), aux intégrales de Stieltjes du type $\int_0^\infty e^{-st} f(t)\, d\alpha(t)$, dans la théorie des équations différentielles linéaires, etc.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques inégalités dans le problème des moments.* Note de M. **Michel Krawtchouk**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soit $f(t)$ une fonction intégrable de période 2π. Considérons sa $n^{\text{ième}}$ somme de Fourier

$$f_n(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} f(t+2z) \frac{\sin(2n+1)z}{\sin z}\, dz.$$

En désignant par $M[\Phi]$ la limite supérieure du module de la fonction Φ et par A, B, C, A_1, B_1 des constantes absolues, on a l'inégalité

suivante de M. Lebesgue (¹) :

$$(1)\qquad M[f_n] \leqq M[f]\,A + M\left[f\left(t+\frac{1}{n}\right) - f(t)\right] B \log n.$$

I. Supposons que les deux fonctions

$$(2)\qquad P(x) = \int_{-1}^{x} \frac{p(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2}} \qquad [p(x) \geqq 0],$$

$$(3)\qquad Q_1(x) = \int_{-1}^{x} \frac{d\,Q(x)}{\sqrt{1-x^2}} \qquad [d\,Q(x) \geqq 0]$$

[l'intégrale (3) étant celle de Stieltjes] satisfont aux égalités suivantes :

$$(4)\qquad m_k = \int_{-1}^{+1} x^k \frac{p(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2}} = \int_{-1}^{+1} x^k \frac{d\,Q(x)}{\sqrt{1-x^2}} \qquad (k=0, 1, \ldots, 2n-1).$$

Alors, en désignant par $f(t)$ la fonction $p(\cos t)$, on a

$$(5)\qquad \int_{-1}^{+1} x^k \frac{p(x)\,dx - f_n(t)\,dx + M[f_n]\,dx}{\sqrt{1-x^2}} = M[f_n] \int_{-1}^{+1} x^k \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}$$
$$(k=0, 1, \ldots, 2n-1),$$

$$(6)\qquad \int_{-1}^{+1} x^k \frac{d\,Q(x) - f_n(t)\,dx + M[f_n]\,dx}{\sqrt{1-x^2}} = M[f_n] \int_{-1}^{+1} x^k \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}$$
$$(k=0, 1, \ldots, 2n-1).$$

Des inégalités (5) et (6) on déduit respectivement

$$\left| \int_{-1}^{x} \frac{p(x)\,dx - f_n(t)\,dx}{\sqrt{1-x^2}} \right| < \frac{C}{2} \frac{M[f_n]}{n} \qquad (x \geqq -1,\ x \leqq +1),$$

$$\left| \int_{-1}^{x} \frac{d\,Q(x) - f_n(t)\,dx}{\sqrt{1-x^2}} \right| < \frac{C}{2} \frac{M[f_n]}{n} \qquad (x \geqq -1,\ x \leqq +1),$$

ce qui donne la généralisation suivante d'un résultat antérieur (²) de l'auteur :

$$(7)\qquad \left| \int_{-1}^{x} \frac{d\,Q(x)}{\sqrt{1-x^2}} - \int_{-1}^{x} \frac{p(x)\,dx}{\sqrt{1-x^2}} \right|$$
$$< C\,M[f_n] = \frac{M[p(x)]\,A_1 + M\left[p\left(x+\frac{1}{n}\right) - p(x)\right] B_1 \log n}{n}.$$

(¹) Voir, par exemple, D. JACKSON, *The theory of approximation*, 1930, p. 19-23.

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 789.

II. Parmi les conséquences de l'inégalité (7), notons les suivantes : Les nombres $\rho_i > 0$ et les nombres α_i, déterminés par les équations

$$\rho_1\alpha_1^k + \rho_2\alpha_2^k + \ldots + \rho_n\alpha_n^k = m_k \qquad (k = 0, 1, \ldots, 2n-1),$$

satisfont aux inégalités

$$\int_{\alpha_i}^{\alpha_{i+1}} \frac{dQ(x)}{\sqrt{1-x^2}} < \frac{CM[f_n]}{n} \qquad (\alpha_0 = -1, \alpha_{n+1} = +1),$$

$$\rho_i < \frac{2CM[f_n]}{n}.$$

On en déduit, par exemple, que le produit $n\rho_i$ est borné dans tous les cas où la fonction

$$R(x, \delta) = M[p(x+\delta) - p(x)] \log\left|\frac{1}{\delta}\right|$$

est bornée.

On obtient des résultats analogues pour le cas où l'intervalle d'intégration dans la formule (4) est infini.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les singularités des surfaces de Riemann des fonctions inverses de fonctions entières*. Note de M. **Natan Aronszajn**, présentée par M. Gaston Julia.

Les surfaces de Riemann et les singularités des fonctions inverses de fonctions entières (ou méromorphes) ont fait récemment l'objet de plusieurs études (comp. les travaux de MM. Speiser, Nevanlinna, Alfohrs et autres). Nous allons énoncer ici un théorème appartenant à ce domaine de recherches et dont la signification peut être exprimée d'une manière imprécise comme suit : *la disposition et le genre des singularités essentielles de la fonction inverse d'une fonction entière sur sa surface de Riemann sont* aussi généraux *que ceux des singularités essentielles polaires d'une surface de Riemann simplement connexe et univalente quelconque.*

Pour exposer notre théorème d'une manière précise nous allons introduire quelques notions auxiliaires.

Rappelons d'abord que l'on inclut dans la surface de Riemann R d'une fonction analytique $w = f(z)$ tous les pôles et points critiques algébriques de $f(z)$. Les points singuliers essentiels (accessibles) de $f(z)$ sur R sont déterminés par les chemins singuliers de $f(z)$. On appelle ainsi des chemins — c'est-à-dire images continues de la

demi-droite $0 \leqq t < \infty$ — contenus dans R et n'ayant aucun point de convergence (¹) dans R, mais dont les projections sur le plan z ont un point de convergence et un seul. Celui-ci forme la projection du point singulier déterminé par le chemin (²).

Un chemin singulier sera appelé *polaire*, si les valeurs de la fonction $f(z)$ sur ce chemin tendent vers ∞. Un point singulier est polaire, s'il n'est déterminé que par des chemins polaires.

Un sous-ensemble ouvert et connexe $\mathcal{D}$ de R sera appelé *domaine semi-intérieur* à R, si toute suite de points de $\mathcal{D}$ renferme ou bien une sous-suite convergente dans R, ou bien une sous-suite située sur un chemin singulier contenu dans $\mathcal{D}$.

Soient maintenant $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ deux domaines de deux surfaces de Riemann R_1 et R_2 correspondant à $w = f_1(z)$ et $w = f_2(z)$. Nous dirons que $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ *ont les mêmes singularités au degré* $\alpha \geqq 0$, si pour tout chemin singulier L' de $R_i (i = 1, 2)$, compris dans $\mathcal{D}_i$, on peut trouver un chemin singulier $\mathcal{L}''$ de $R_j (j = 3 - i)$, compris dans $\mathcal{D}_j$, tel que : 1° les projections $\mathcal{L}'_z$ et $\mathcal{L}''_z$ de $\mathcal{L}'$ et $\mathcal{L}''$ sur le plan z convergent vers le même point a' et 2° il existe une constante M telle que, à tout point z' de $\mathcal{L}'_z$ correspond un point z'' de $\mathcal{L}''_z$ avec

$$\rho(z', z'') < M[\rho(a, z')]^{\alpha} \quad \text{et} \quad \rho[f_1(z'), f_2(z'')] < M[\rho(a, z')]^{\alpha},$$

où $\rho(u, v)$ désigne la distance sphérique $\dfrac{2|u - v|}{\sqrt{(1 + |u|^2)(1 + |v|^2)}}$.

Exemples. — I. Deux surfaces (totales) R_1 et R_2 ont les mêmes singularités au degré 0, quand les projections des singularités de R_1 et R_2 sur le plan z forment des ensembles égaux. II. Soient $g(z)$ une fonction entière transcendante et c une constante. Les surfaces correspondant aux fonctions $g(z)$ et $g(cz)$ ou bien $g(z)$ et $g(z + c)$ ont les mêmes singularités au degré 1 respectivement 2.

La question reste ouverte, si les surfaces de deux fonctions entières différentes peuvent avoir les mêmes singularités au degré > 2.

Nous dirons encore que les domaines $\mathcal{D}_1$ et $\mathcal{D}_2$ s'approchent à un $\varepsilon > 0$ près, si pour tout point p_1 de $\mathcal{D}_1$ on peut trouver un point p_2 de $\mathcal{D}_2$ (et

---

(¹) On appelle point de convergence d'un chemin $\mathcal{L}$ la limite d'une suite des points de $\mathcal{L}$, images des points t_n de la demi-droite $0 \leqq t < \infty$, tendant vers ∞.

(²) Pour les détails, voir L. Bieberbach, *Lehrbuch der Funktionentheorie*, 2, 1931, p. 278.

inversement) de manière que les projections de p_1 et p_2, aussi bien sur le plan z que sur le plan w, soient à une distance sphérique $< \varepsilon$.

Nous pouvons maintenant énoncer notre théorème.

Théorème. — *Soient $\mathcal{D}$ un domaine simplement connexe, semi-intérieur à la surface de Riemann d'une fonction $w = f(z)$ et α un nombre positif. Pour que l'on puisse approcher le domaine $\mathcal{D}$ à un $\varepsilon > 0$ quelconque près par un domaine appartenant à la surface de Riemann de la fonction inverse d'une fonction entière et possédant les mêmes singularités que $\mathcal{D}$ au degré α, il faut et il suffit que $\mathcal{D}$ soit univalent* (¹) *et que tous les chemins singuliers compris dans $\mathcal{D}$ soient polaires.*

La nécessité de ces conditions se voit immédiatement, tandis que leur suffisance est plus difficile à établir. Nous l'obtenons en utilisant un théorème général indiqué dans notre Thèse (²).

La démonstration détaillée paraîtra dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Sur les systèmes mécaniques admettant n intégrales premières uniformes et l'extension à ces systèmes de la méthode de quantification de Sommerfeld.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Paul Langevin.

1. Considérons un système mécanique à n degrés de liberté; soient $q_1, q_2, \ldots, q_n$ les coordonnées, $p_1, p_2, \ldots, p_n$ les moments conjugués, H la fonction hamiltonienne et $a_1, a_2, \ldots, a_r$, r paramètres figurant dans H. Je suppose que le mouvement élémentaire du système admet n intégrales premières uniformes :

$$c_i = c_i(q_1, \ldots, q_n, p_1, \ldots, p_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

que la partie de la multiplicité $\mathcal{M}$ de l'espace réel $q_1, \ldots, q_n, p_1, \ldots, p_n$, définie par ces intégrales premières et sur laquelle le point représentatif du

(¹) Le domaine $\mathcal{D}$ est univalent quand la fonction $w = f(z)$ prend différentes valeurs aux points différents de $\mathcal{D}$.

(²) A paraître dans les *Acta Math.*, 65, 1935. Il s'agit ici du théorème **B** et de sa généralisation indiquée à la page 34.

système se déplace, est à distance finie et qu'en tout point de $\mathfrak{M}$ un au moins des déterminants d'ordre n issus du tableau

$$\left\| \cdots \quad \frac{\partial c_i}{\partial q_k} \quad \cdots \quad \frac{\partial c_i}{\partial p_h} \quad \cdots \right\|$$

$$(i=1, 2, \ldots, n; \ k=1, 2, \ldots, n; \ h=1, 2, \ldots, n)$$

n'est pas nul.

2. Considérons sur $\mathfrak{M}$ la fonction

$$\mathrm{V}=\int \sum_{i=1}^{n} p_i \, dq_i.$$

J'introduis n nouvelles variables indépendantes réelles $w_1, w_2, \ldots, w_n$ et les fonctions $q_1, \ldots, q_n, p_1, \ldots, p_n$ de ces variables, que j'appellerai $q(w)$, définies par

$$\frac{\partial \mathrm{V}}{\partial c_i}=w_i, \qquad \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial q_i}=p_i \qquad (i=1, 2, \ldots, n).$$

Je montre que les w_i sont des fonctions régulières des (q, p) en tout point de $\mathfrak{M}$ et que les $q(w)$ sont régulières et uniformes dans tout l'espace réel w_1, $w_2, \ldots, w_n$.

3. J'établis que les $q(w)$ admettent n systèmes de périodes indépendantes, à chacun desquels correspond sur $\mathfrak{M}$ un cycle fermé $\mathrm{C}_i (i=1, 2, \ldots, n)$, ne pouvant se réduire à zéro par une déformation continue. Je considère alors les n quantités

$$\gamma_i=\int_{c_i} d\mathrm{V}$$

et je montre que $\gamma_1, \ldots, \gamma_n$ sont des fonctions indépendantes de $c_1, \ldots, c_n$.

4. Soient $u_1, \ldots, u_n$ les variables conjuguées des γ; les q_i sont des fonctions uniformes des u_i dans l'espace réel $u_1, \ldots, u_n$, et reprennent les mêmes valeurs lorsque l'un des u augmente de 1, les autres restant constants; les q_i et p_i sont donc représentables dans le domaine réel par des séries trigonométriques ordonnées suivant les multiples de $u_1, \ldots, u_n$.

Le mouvement élémentaire s'obtient en posant

$$u_i=\nu_i t+\varepsilon_i \qquad (i=1, 2, \ldots, n).$$

Les ν_i dépendent des γ_i et des a et les ε_i sont des constantes.

5. Lorsque les paramètres a varient lentement, et que les ν_i ne sont liés

par aucune relation linéaire à coefficients entiers, les γ_i restent constants et les ε_i sont donnés par les formules

$$\varepsilon_i + \frac{\partial \overline{V}_1}{\partial \gamma_i} = \text{const.}$$

$\overline{V}_1$ désignant la valeur moyenne de

$$V_1 = V - \sum_{i=1}^{n} \gamma_i u_i,$$

et les u_i étant définis par

$$u_i = \int \nu_i dt + \varepsilon_i.$$

6. Les conditions de quantification du système considéré par la méthode de Sommerfeld s'écriront

$$\gamma_i = N_i h \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

les N_i étant des entiers et h la constante de Planck.

Cette manière de procéder est justifiée par le fait que les γ_i sont des invariants adiabatiques et que les relations précédentes sont invariantes.

Je démontre en effet que si, par un autre procédé, on obtient n autres modules de périodicité γ'_i, on a

$$\gamma'_i = \sum_{k=1}^{n} \alpha_{ik} \gamma_k \qquad \text{et} \qquad \gamma_k = \sum_{i=1}^{n} \beta_{ki} \gamma'_i,$$

les α_{ik} et β_{ki} étant des nombres entiers.

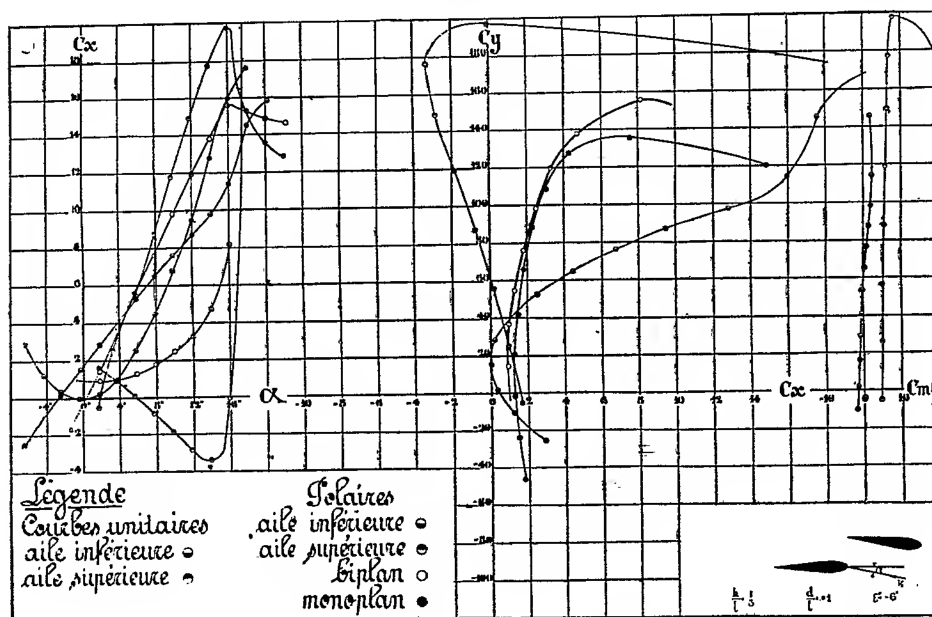
AÉRODYNAMIQUE. — *Contribution à l'étude en courant plan des cellules biplanes rigides.* Note de M. **Miroslav Nénadovitch**, présentée par M. Henri Villat.

L'étude expérimentale en courant plan des cellules biplanes non rigides a fait l'objet des recherches de MM. Toussaint et Girerd (¹). Nous avons repris et développé quelque peu le programme de ces recherches en l'appli-

(¹) Cf. *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 753.

quant aux associations de deux ailes constituant une *cellule biplane indéformable*. Nous avons modifié dans ce but le dispositif expérimental utilisé par les auteurs précités en faisant tourner les deux ailes autour du foyer du profil de l'aile pesée. L'orientation et la position de l'aile influençante est donc inchangée en fonction de l'incidence. Les 165 biplans ainsi réalisés différaient par le décalage, l'entreplan et l'interinclinaison. Les deux ailes comportaient le même profil Joukowsky biconvexe symétrique d'épaisseur relative maximum égale à 0,14.

La fixation au foyer de l'aile pesée permettait la mesure du moment résultant par rapport à ce point. Les liaisons avec la balance permettaient



en outre la mesure des composantes habituelles de la résultante aérodynamique.

L'adoption de deux profils biconvexes symétriques avait pour but d'éliminerl'influence de la courbure des profils sur l'évolution des interactions des deux ailes.

Les résultats obtenus montrent que les caractéristiques aérodynamiques de chacune des deux ailes d'un biplan rigide diffèrent considérablement et l'on constate en particulier l'apparition de résistances négatives pour l'une et l'autre des ailes constituant la cellule suivant leur position relative.

En outre, pour certaines cellules biplanes comportant un décalage positif (aile supérieure en avant) un entreplan modéré et une interinclinaison négative pour l'aile supérieure, nous avons constaté que la polaire résultante pour le biplan était *meilleure* que celle de l'aile monoplane. A titre d'exemple nous donnons ci-contre les résultats obtenus pour un biplan comportant $d/l = +1$; $h/l = 1/3$; $\varepsilon = -6°$.

On voit sur le graphique (outre les particularités des caractéristiques aérodynamiques de chacune des ailes) que la polaire de l'aile monoplane est entièrement à droite de celle du biplan total. Nous pensons que l'*effet de fente* s'applique ici pour diminuer la résistance de profil aux C_y modérés et pour augmenter le C_y de l'aile inférieure aux grandes incidences.

GÉODÉSIE. — *Mesures de l'intensité de la pesanteur, faites en* 1933, *avec le gravimètre Holweck-Lejay n°* 2. Note [1] de M. **Raoul Goudey**, présentée par M. Georges Perrier.

Au cours de l'année 1933, j'ai effectué dans l'Est et le Nord-Est de la France, 34 mesures de g, au moyen du gravimètre Holweck-Lejay, n° 2.

Les méthodes d'observation et de calcul, ainsi que les notations sont les mêmes que celles qui ont été précédemment indiquées [2].

La formule linéaire de calcul de g [dont le coefficient a été déterminé en prenant comme stations de référence : Sainte-Croix (Suisse), $g = 980,526$ et Strasbourg, $g = 980,900$] est $g = 980,752 - 0,170(R - R_0)10^6$, où 980,752 représente la valeur de g à Besançon,

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau ci-après (notations habituelles de l'Association internationale de Géodésie).

Les corrections de Bouguer ont été calculées avec la densité moyenne 2,7. Les corrections topographiques et isostatiques n'ont pas été effectuées.

---

(1) Séance du 29 avril 1935.

(2) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1116; **194**, 1932, p. 1632.

Stations	Lat.	Longit.	Alt.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	$g''_0-\gamma_0$.	$g_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g''_0-\gamma'_0$.	$g_0-\gamma'_0$.
Chambéry (Lycée de garçons)	45.34,6	5.53,3	274	980,530	980,615	980,584	980,668	— 84	—53	980,681	— 97	—66
Les Bossons (Chapelle de Montquart)	45.54,1	6.50,3	1015	980,342	980,655	980,540	980,698	—158	—43	980,711	—171	—56
Annecy (Lycée de garçons)	45.54,4	6. 7,7	448	980,531	980,669	980,618	980,698	— 80	—29	980,711	— 93	—42
Bourg (Lycée de garçons)	46.12,0	5.13,3	240	980,660	980,734	980,707	980,725	— 18	+ 9	980,738	— 31	— 4
Arinthod (Église)	46.23,4	5.34,1	453	980,644	980,784	980,733	980,742	— 9	+42	980,755	— 22	+29
Saint-Amour (Église)	46.26,1	5.20,6	248	980,688	980,764	980,736	980,746	— 10	+18	980,759	— 23	+ 5
Clairvaux (Église)	46.34,7	5.45,0	544	980,639	980,807	980,745	980,759	— 14	+48	980,772	— 27	+35
Louhans (Collège de jeunes filles)	46.37,6	5.13,4	181	980,716	980,772	980,751	980,763	— 12	+ 9	980,776	— 24	— 4
Mouthe (Logement de l'instituteur)	46.42,5	6.11,6	936	980,555	980,844	980,738	980,770	— 32	+74	980,783	— 45	+61
Levier (Lavoir communal)	46.56,9	6. 7,3	718	980,641	980,863	980,782	980,792	— 10	+71	980,806	— 24	+57
Seurre (Église)	46.59,8	5. 5,6	185	980,748	980,805	980,784	980,797	— 13	+ 8	980,810	— 26	— 5
Rochefort (Sacristie de l'Église)	47. 7,4	5.33,6	211	980,766	980,831	980,807	980,808	— 1	+23	980,821	— 14	+10
Saint-Vit (Logement de l'instituteur)	47.10,8	5.48,8	251	980,765	980,842	980,814	980,813	+ 1	+29	980,826	— 12	+16
Moissey (Presbytère)	47.11,8	5.31,4	257	980,769	980,848	980,819	980,815	+ 4	+33	980,828	— 9	+20
Pesmes (Église)	47.16,8	5.33,7	208	980,798	980,862	980,838	980,822	+ 16	+40	980,835	+ 3	+27
Sancey-le-Grand (Restaurant)	47.17,7	6.34,7	508	980,716	980,873	980,816	980,823	— 7	+50	980,836	— 20	+37
Saint-Hippolyte (Logement de l'instituteur)	47.19,3	6.49,3	380	980,720	980,837	980,794	980,826	— 32	+11	980,839	— 45	— 2
Dijon (Cathédrale)	47.19,3	5. 2,2	244	980,768	980,843	980,815	980,826	— 11	+17	980,839	— 24	+ 4
Rioz (Buanderie chez M. Jeanneney)	47.25,7	6. 4,1	266	980,769	980,851	980,821	980,835	— 14	+16	980,848	— 27	+ 3
L'Isle-sur-le-Doubs (Abattoir municipal)	47.26,8	6.34,0	291	980,770	980,860	980,827	980,837	— 10	+23	980,850	— 23	+10
Autrey-les-Gray (Maison Meulle)	47.28,1	5.29,3	223	980,791	980,860	980,835	980,839	— 4	+21	980,852	— 17	+ 8
Rougemont (Garage Hôtel du Commerce)	47.28,8	6.21,4	251	980,794	980,871	980,843	980,840	+ 3	+31	980,853	— 10	+18
Fontaine-Française (Église)	47.31,4	5.22,5	230	980,793	980,864	980,838	980,844	— 6	+20	980,857	— 19	+ 7
Héricourt (Ancien château)	47.34,8	6.45,2	346	980,783	980,890	980,851	980,849	+ 2	+41	980,862	— 11	+28
Langres (Église)	47.51,9	5.20,1	466	980,760	980,904	980,851	980,875	— 24	+29	980,888	— 37	+16
Remiremont (Église)	48. 0,9	6.35,5	402	980,793	980,917	980,872	980,888	— 16	+29	980,901	— 29	+16
Lamarche (Église)	48. 4,2	5.47,0	357	980,808	980,918	980,878	980,893	— 15	+25	980,906	— 28	+12
Chaumont (Lycée de garçons)	48. 6,8	5. 8,6	323	980,817	980,917	980,880	980,897	— 17	+20	980,910	— 30	+ 7
Épinal (École nationale professionnelle)	48. 9,8	6.27,8	355	980,808	980,918	980,878	980,902	— 24	+16	980,915	— 37	+ 3
Saint-Dié (Collège de garçons)	48.17,2	7. 6,7	339	980,863	980,968	980,930	980,913	+ 17	+55	980,926	+ 4	+42
Mirecourt (Collège de garçons)	48.18,1	6. 8,1	289	980,856	980,945	980,912	980,914	— 2	+31	980,927	— 15	+18
Neufchâteau (Église Saint-Christophe)	48.21,3	5.41,6	291	980,856	980,946	980,913	980,919	— 6	+27	980,932	— 19	+14
Lunéville (Collège de jeunes filles)	48.35,3	6.29,2	226	980,883	980,953	980,927	980,940	— 13	+13	980,953	— 26	0
Nancy (Faculté des Sciences)	48.42,1	6.10,6	199	980,899	980,960	980,937	980,950	— 13	+10	980,963	— 26	— 3

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les* rayons de décharge *émis par une aigrette.* Note de M. **Georges Déchène**, présentée par M. Aimé Cotton.

Introduction. — Les décharges électriques dans l'air émettent un rayonnement ionisant, très absorbable, susceptible d'exciter la thermoluminescence [1] (Entladungstrahlen). L'étude des rayons ionisants issus des décharges à basse pression a fait l'objet de quelques publications récentes [2]. Cependant M. Dauvillier [3] a contesté la production des rayons de décharge à la pression atmosphérique; à son avis, les effets observés doivent être attribués, soit à la présence de gros ions de faible mobilité provenant de la région traversée par la décharge, soit à un effet photoélectrique du rayonnement ultraviolet émis par ces ions au moment de leur neutralisation. J'ai cru utile de reprendre cette question; mes expériences montrent que les critiques de M. Dauvillier ne sont pas justifiées et elles confirment l'existence des rayons de décharge.

Dispositif utilisé. Preuves de l'émission des rayons de décharge. — La source du rayonnement est une aigrette à l'extrémité d'une pointe fine placée à 2 ou 3^{mm} d'une grille métallique G, la d. d. p. établie entre la pointe et la grille étant de quelques milliers de volts; un diaphragme limite l'ouverture du faisceau utilisé.

Les rayons de décharge tombent dans la chambre d'ionisation à travers une autre grille métallique G′. L'électrode collectrice est un fil F placé en dehors de la région atteinte par le rayonnement. Ce dispositif permet de reconnaître si les effets observés doivent être attribués à l'ionisation de l'air ou à un effet photoélectrique sur les parois : si l'air est ionisé par les rayons γ du radium, le courant obtenu a une valeur indépendante du signe des charges extraites; au contraire, lorsqu'on éclaire la chambre d'ionisation par l'ultraviolet d'une lampe à vapeur de mercure, le courant est plusieurs centaines de fois plus élevé si les charges extraites sont négatives. Les rayons de décharge agissent à la fois par ionisation et par effet photoélectrique, le courant reçu par l'électrode F étant en général 3 ou 4 fois plus

(1) Wiedemann, *Zeit. f. Elektrochemie*, 2, 1895, 195; Hoffmann, *Wied. Ann.*, 60, 1897, p. 269; J.-J. Thomson, *Proc. Camb. Phil.*, 10, 1899, p. 74.

(2) J.-J. Thomson, *Phil. Mag.*, 49, 1925, p. 761 et 2, 1926, p. 674; Dauvillier, *Journal de Physique*, 7, 1926, p. 369.

(3) Dauvillier, *Journal de Physique*, 5, 1934, p. 184.

intense lorsqu'elle est chargée positivement. Pour empêcher les ions qui diffusent à partir de l'aigrette de parvenir jusqu'en F, un champ électrique (800 volts/cm.), opposé à celui qui existe dans la chambre d'ionisation, est établi devant la grille G′ sur une longueur de 2^{mm}.

L'ionisation observée subsiste en partie si l'on interpose devant la grille G′ une lame très mince de celluloïd (pesant par exemple 10^{-5} g/cm²) obtenue par évaporation sur une surface d'eau d'une solution étendue de celluloïd dans l'acétate d'amyle. Les résultats obtenus ne sont donc pas attribuables à des ions diffusant de l'aigrette jusqu'à la chambre d'ionisation malgré le champ antagoniste. De plus, le rayonnement actif n'est pas situé dans le proche ultraviolet, car il est ionisant, absorbable par l'air et totalement arrêté par une lame de fluorine ($0^{mm},5$).

Coefficients d'absorption par l'air et le celluloïd. Longueurs d'onde des rayons de décharge. — J'ai étudié l'absorption des rayons de décharge par l'air à la pression atmosphérique en modifiant la distance des deux grilles G et G′; le rayonnement n'est pas homogène; les charges extraites étant positives, les coefficients d'absorption varient de 5 à 0,8 cm^{-1} environ l'orsqu'on éloigne progressivement l'aigrette jusqu'à 2^{cm} de la chambre d'ionisation.

De même, les coefficients massiques d'absorption par des lames de celluloïd dépendent de leur épaisseur; ils restent voisins de 10^5 unités C.G.S.

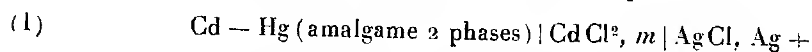
Puisque les rayons de décharge sont fortement absorbés par la fluorine, leur longueur d'onde est inférieure à 1200 A°. Les coefficients d'absorption par l'air atmosphérique pourraient correspondre à des rayons X mous, vers 10 A°; mais les coefficients massiques d'absorption par le celluloïd dans cette région, voisins de 10^3 unités C. G. S. (¹); sont beaucoup plus faibles que ceux que j'ai obtenus. Ladenburg et Van Voorhis (²) ont étudié l'absorption par l'oxygène dans le domaine spectral qui s'étend de la région de Schumann aux rayons X mous; les coefficients d'absorption qu'ils indiquent sont trop élevés pour que les radiations puissent être observées dans l'air à la pression atmosphérique, sauf dans une bande de transparence relative entre 1100 et 1300 A°. Les longueurs d'onde des rayons de décharge seraient donc comprises entre 1100 et 1200 A°; mais les données de Ladenburg et Van Voorhis sont très imprécises au-dessous de 1100 A°, de sorte que cette conclusion est peut-être prématurée. Les

(¹) Holweck, *De la lumière aux rayons* X, p. 70.
(²) *Phys. Review*, 40, 1932, p. 1018 et 43, 1933, p. 315.

valeurs des coefficients d'absorption par le celluloïd sont compatibles avec des longueurs d'onde voisines de 1100 A°; le celluloïd devient en effet très absorbant au-dessous de 1500 A° [les coefficients massiques d'absorption sont $0,29.10^5$ pour $\lambda = 1335$ A° et $0,47.10^5$. C. G. S. pour $\lambda = 1262$ A° (Holweck, *loc. cit.*)]. Les radiations dans ce domaine agissent bien, comme je l'ai observé, à la fois par leur effet photoélectrique et par leurs propriétés ionisantes; en effet, l'air est encore ionisé par l'ultraviolet transmis par une lame de fluorine ($\lambda > 1200$ A°) (1). Signalons enfin que, d'après J.-J. Thomson, les radiations ionisantes émises dans une décharge à basse pression appartiennent aussi en majeure partie à cette région spectrale.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude de la force électromotrice de piles à chlorure de cadmium.* Note (2) de Mlle **M. Quintin**, présentée par M. Jean Perrin.

La pile sans transport étudiée est constituée par la chaîne


(1) Cd — Hg (amalgame 2 phases) | $CdCl^2$, m | AgCl, Ag +

et la force électromotrice (f. e. m.) est mesurée pour différentes concentrations m de l'électrolyte et, à différentes températures, par la méthode d'opposition à 1.10^{-4} volt près.

L'amalgame de cadmium (11 pour 100 Cd) est préparé par électrolyse à partir d'une solution de SO^4Cd, M/2 légèrement acidulée; conservé sous cette solution, il est chauffé au moment du remplissage de la pile, de façon à ne constituer qu'une phase, abondamment lavé sous azote avec de l'eau distillée, puis avec la solution à étudier.

Les électrodes Ag | AgCl sont préparées de la façon suivante (3) : une spirale de platine est argentée dans un bain de cyanure double d'argent et de potassium (sans excès de CNK) lavée pendant 24 heures avec 20 litres d'eau distillée, puis enrobée dans une pâte d'oxyde d'argent. Celui-ci est réduit au four à 460°. La chloruration est faite soit dans HCl : 0,5 M, soit dans KCl : 1M Les électrodes ainsi obtenues sont stables pendant plusieurs mois et reproductibles à 1.10^{-4} volt près. Le potentiel est le même que la chloruration soit faite à la lumière ou à l'obscurité.

La solution mère de $CdCl^2$ ($m = 0,1$ M, pH $= 4,8$) est préparée à partir d'eau bidistillée (conductibilité : $1,5.10^{-6}$) et de produit Merck pur.

(1) Hughes, *Proc. Camb. Phil.*, 15, 1910, p. 483; Palmer, *Phys. Review*, 32, 1911, p. 1.

(2) Séance du 15 avril 1935.

(3) Voir pour plus de détails : Lewis, *J. Am. Chem. Soc.*. 28, 1906, p. 166 et Noyes et Ellis, *ibid.*, 39, 1917, p. 2532.

La pile est placée dans un thermostat à huile, réglé à 0°,05. On fait alors barboter pendant 15 minutes dans la solution un courant d'azote purifié sur hydrosulfite de sodium. Toutes les parties pouvant donner lieu à des fuites sont ensuite recouvertes de mercure.

Dans ces conditions, même pour les solutions diluées qui s'hydrolysent à la longue en présence d'amalgame de cadmium, la f. e. m. est très constante pendant plusieurs jours, et elle est peu affectée par une rentrée d'oxygène.

Pour chaque concentration il est monté au moins 4 piles, le tableau ci-dessous reproduit la moyenne des résultats obtenus, l'écart maximum étant rarement supérieur à 2.10^{-4} volt.

F.e.m. en 10^{-4} volt de la chaine I *à différentes températures.*

m mol.-gr. pour 1000g eau.	0°.	5°.	10°.	15°.	20°.	25°.	30°.	35°.	40°.	45°.
0,1.....	6958	6969	6979	6990	6997	7004	7010	7016	7021	7027
0,05....	7095	7107	7120	7133	7145	7158	7165	7172	7179	7186
0,02....	7307	7321	7336	7351	7366	7380	7393	7403	7412	7422
0,01....	7497	7515	7534	7552	7570	7584	7597	7609	7622	7635
0,005...	7690	7710	7731	7751	7767	7782	7797	7813	7829	7845
0,002...	–	–	8006	8026	8047	8068	8088	8109	8129	8150
0,001...	–	8203	8228	8252	8278	8302	8326	8351	8376	–

La courbe représentant, pour chaque concentration, la variation de la f. e. m. en fonction de la température, est constituée, sauf dans le cas des deux solutions les plus diluées, de deux portions de droite se coupant en un point dont la position varie d'ailleurs avec la concentration. On est donc amené à penser que, dans un certain domaine, à la réaction normale



(II) $$\text{Cd (s. sat. de Hg)} + 2\,\text{AgCl (s.)} = \text{CdCl}^2,\ m + 2\,\text{Ag (métal)}$$

se produisant lors du passage du courant, doit se superposer une deuxième réaction impliquant très probablement la formation d'un composé de $CdCl^2$ et de AgCl.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Sur les formules générales de la réfraction d'un pinceau lumineux.* Note de M. **François Croze**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les formules générales de la réfraction d'un pinceau lumineux d'ouverture angulaire infiniment petite sur un dioptre de forme régulière quel-

conque ont été établies par Sturm. Il est possible de donner de ces formules une démonstration géométrique très simple. Le principe de cette démonstration a été indiqué par Marcel Dufour ([1]). Toutefois une confusion que Dufour a faite, entre l'angle $d\psi$ des normales en deux points infiniment voisins O et O′ d'une surface et l'angle de torsion géodésique $d\tau_g$ de l'arc de section normale OO′, l'a empêché d'aboutir à un résultat complètement satisfaisant. Entre les carrés des angles $d\psi$ et $d\tau_g$ il existe en effet une différence non négligeable, égale au carré de l'angle de contingence $d\chi$ de l'arc OO′ ([2]). La démonstration que nous proposons est fondée précisément sur la décomposition de l'angle $d\psi$ en ses deux composantes $d\chi$ et $d\tau_g$.

Soient MI le rayon moyen du pinceau qui tombe sur le dioptre Σ, NI la normale d'incidence et IM′ le rayon réfracté correspondant, S et S′ celles des surfaces d'onde incidentes et réfractées qui passent par le point I. La surface Σ est rapportée à un système d'axes rectangulaires $Ixyz$ dans lequel l'axe Iz se confondra avec la normale d'incidence IN et le plan Ixz avec le plan d'incidence du rayon moyen. Les directions positives sur les normales aux surfaces Σ, S et S′ seront celles de la propagation de la lumière. Il s'agit de déterminer les courbures $1/a'$ et $1/b'$, ainsi que les torsions géodésiques $1/\gamma'$ des sections de la surface d'onde S′ par les plans NIx et MIy en fonction des courbures $1/P$ et $1/Q$, ainsi que des torsions géodésiques $1/G$ des sections de la surface Σ par les plans NIx et NIz, en fonction aussi des courbures $1/a$ et $1/b$, ainsi que des torsions géodésiques $1/\gamma$ des sections de la surface S par les plans MIx et MIy. Ces éléments de la surface d'onde S′ une fois déterminés, on obtiendra en effet les distances frontales ρ'_1 et ρ'_2 de ces sections principales et les angles α' et $\alpha'+\pi/2$ qu'elles font avec le plan de référence NIx au moyen des formules connues.

Pour déterminer la courbure $1/a'$ et la torsion géodésique $1/\gamma'$ de la section de la surface d'onde S′ par le plan NIx, considérons dans le faisceau un rayon qui tombe sur le dioptre en un point J de la section du dioptre par le plan NIx. Par le point N, à la distance $IN=1$ du point I, faisons passer un plan perpendiculaire à IN. Par le point I menons les droites IL_1 et IN_1 parallèles respectivement au rayon JL et à la normale d'incidence JN′ au point J, et marquons les projections IQ_1 et IP_1 de ces deux droites sur le plan NIx. Les angles P_1IN et P_1IN_1 sont respectivement

([1]) *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1539; 186, 1928, p. 631.

([2]) Cf. G. Darboux, *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, 2e édition, Paris, 2, 1915, p. 400.

l'angle de contingence $d\sigma/P$ et l'angle de torsion géodésique $d\sigma/G$ de l'arc infiniment petit $IJ = d\sigma$. Quant aux angles Q_1IM et Q_1IL_1, ils représentent respectivement l'angle de contingence et l'angle de torsion géodésique de l'élément HJ de la section par le plan NIx de la surface d'onde incidente qui passe par le point J : cette section étant infiniment voisine de la section par le même plan de la surface d'onde S, la différentielle de l'arc HJ sera $d\sigma \cos i$ et les valeurs des angles Q_1IM et Q_1IN seront respectivement $d\sigma \cos i/a$ et $d\sigma \cos i/\gamma$.

Or, étant donné que tous ces angles sont infiniment petits, la différence $di = N_1IL_1 - NIM$ entre les angles d'incidence, et l'angle

$$d\omega = \frac{Q_1L_1 - P_1N_1}{P_1Q_1}$$

entre les plans d'incidence du rayon LJ et du rayon moyen MI, seront donnés, au second ordre près, par les expressions

$$di = \widehat{P_1IQ_1} - \widehat{NIM} = \widehat{MIQ_1} - \widehat{NIP_1} = d\sigma\left(\frac{\cos i}{a} - \frac{1}{P}\right),$$

$$d\omega = \frac{Q_1L_1 - P_1N_1}{NM} = \frac{1}{\tang i}\left[IQ_1\frac{d\sigma \cos i}{\gamma} - \frac{d\sigma}{G}\right] = \frac{d\sigma}{\tang i}\left(\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{G}\right).$$

Mais, en opérant de la même façon sur le rayon réfracté JL′ conjugué du rayon LJ, on aurait de même pour la différence di' entre les angles de réfraction, et pour l'angle $d\omega'$ des plans d'incidence des rayons JL′ et IM les expressions

$$di' = d\sigma\left(\frac{\cos i'}{a'} - \frac{1}{P}\right), \qquad d\omega' = \frac{d\sigma}{\tang i'}\left(\frac{1}{\gamma'} - \frac{1}{G}\right).$$

En écrivant que, d'après les lois de la réfraction, on doit avoir

$$n \cos i \, di = n' \cos i' \, di', \qquad n \sin i \, d\omega = n' \sin i' \, d\omega',$$

on obtient les formules cherchées

$$\text{(I)} \quad n\cos i\left(\frac{\cos i}{a} - \frac{1}{P}\right) = n'\cos i'\left(\frac{\cos i'}{a'} - \frac{1}{P}\right), \quad n\cos i\left(\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{G}\right) = n'\cos i'\left(\frac{1}{\gamma'} - \frac{1}{G}\right).$$

Pour déterminer la courbure $1/b'$ et la torsion géodésique $1/\gamma'$ de la section de la surface d'onde S′ par le plan NIy, il faut considérer un rayon LJ tombant cette fois sur le dioptre en un point J de la section du dioptre par ce même plan et faire les mêmes constructions que dans le cas précédent. Les angles P_1IN et P_1IN_1 représenteront respectivement les angles de torsion géodésique $d\sigma/G$ et l'angle de contingence $d\sigma/Q$ de

l'arc IJ $= d\sigma$. Les angles Q_1IM et Q_1IL_1 représenteront de même respectivement l'angle de torsion géodésique et l'angle de contingence de l'élément HJ de la section par le plan MIy de la surface d'onde incidente qui passe par le point J; et, comme cette fois la différentielle de l'arc HJ est $d\sigma$, les valeurs respectives de ces angles seront $d\sigma/\gamma$ et $d\sigma/b$. En opérant comme précédemment, on obtiendra donc les expressions

$$di = d\sigma\left(\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{G}\right), \qquad d\omega = \frac{d\sigma}{\tang i}\left(\frac{1}{b\cos i} - \frac{1}{Q}\right)$$

et des expressions analogues pour les angles di' et $d\omega'$ relatifs aux rayons réfractés. En introduisant ces expressions dans les invariants de la réfraction, on aura les formules cherchées

$$\text{(II)} \quad n\cos i\left(\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{G}\right) = n'\cos i'\left(\frac{1}{\gamma'} - \frac{1}{G}\right), \qquad n\left(\frac{1}{b} - \frac{\cos i}{Q}\right) = n'\left(\frac{1}{b'} - \frac{\cos i'}{Q}\right).$$

POLARISATION ROTATOIRE. — *Dispersion rotatoire des α-halogénures de camphre.* Note de MM. **Jean-Paul Mathieu** et **Jacques Perrichet**, présentée par M. Aimé Cotton.

L. Tchougaeff [1] a signalé la forte dispersion rotatoire que présentent, dans le visible, les dérivés α-halogénés du camphre. Il indiquait que, par suite, on devait s'attendre à trouver l'effet Cotton dans une bande d'absorption de ces corps située dans le proche ultraviolet. L'examen de cette prévision nous a conduit à reprendre l'étude des propriétés optiques de ces composés dans un domaine spectral assez étendu. Nous donnons ici les résultats relatifs aux pouvoirs rotatoires moléculaires [M].

Les mesures ont été faites, à la température ordinaire, dans le visible, avec un polarimètre à pénombres (tube de 50^{cm}); dans l'ultraviolet, au moyen de l'appareil de Cotton et Descamps [2] (tubes de 5^{cm} et 2^{cm}). La précision relative est de 0,5 à 1 pour 100 pour les mesures oculaires; de 5 à 10 pour 100 seulement pour les mesures photographiques, faites dans une région d'absorption et qui sont d'ailleurs moins directes.

Chlorocamphre. — Préparé par la méthode de Cazeneuve [3]. Point de fusion : 93-94°. Solution à $0^g,2$ pour 100 dans l'alcool éthylique.

---

(1) *Bull. Soc. chimique*, **11**, 1912, p. 718.
(2) *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 22.
(3) *Bull. Soc. chimique*, **38**, 1882, p. 9.

λ Å.......	6438.	5893.	5780.	5461.	5086.	4916.	4800.
[M]°.....	+ 140	+ 180	+ 188	+ 220	+ 269	+ 299	+321
λ Å.......	4673.	4358.	4046.	3908.	3650.	3341.	3132.
[M]°.....	+ 342	+ 444	+ 700	+ 820	+1200	+3200	+325
λ Å.......	3021.	2967.	2893.	2804.	2750.	2698.	2526.
[M]°.....	−1900	−2400	−2150	−1600	− 800	− 700	−400

La valeur de $[M]_{5461}$ est en bon accord avec celle que donnent Patterson et Loudon (1).

Bromocamphre. — Produit commercial purifié par cristallisations dans l'alcool. P. F. : 76°. Solution à 0g,2 pour 100 dans l'alcool éthylique.

λ Å.......	6438.	5893.	5780.	5461.	5086.	4916.	4800.
[M]°.....	+ 263	+ 325	+ 337	+ 390	+ 462	+ 522	+561
λ Å.......	4673.	4358.	4046.	3908.	3650.	3341.	3132.
[M]°.....	+ 596	+ 786	+1200	+1400	+2000	+4800	+250
λ Å.......	3021.	2967.	2804.	2750.	2698.	2652.	
[M]°.....	−2200	−3350	−2000	−1450	− 900	− 900	

Patterson et Loudon donnent : $[M]_{5461} = + 392°$.

Iodocamphre. — Préparé par la méthode de Brühl (2) P. F. : 53-54°. Solution à 0g,15 pour 100 dans l'alcool éthylique.

On trouve dans la littérature des valeurs du point de fusion comprises entre 42 et 44° seulement. Des cristallisations répétées dans les alcools méthylique et éthylique nous ont fourni des fractions à point de fusion constamment compris entre 52 et 54°. Des dosages d'halogène nous ont donné un pourcentage compris entre 44,4 et 45,4, le nombre calculé pour l'iodure étant 45,6. La rotation spécifique est $[\alpha]_D = +147°,0$, dans les conditions où l'a mesurée Tchougaeff, qui donne $[\alpha]_D = +147°,3$. Il semble donc que le point de fusion admis jusqu'ici doive être modifié.

λ Å.	6438.	5893.	5780.	5461.	5086.	4916.	4800.
[M]°........	+ 358	+ 415	+ 431	+ 506	+ 624	+ 673	+ 751
λ Å.	4673.	4358.	4046.	3908.	3650.	3341.	3132.
[M]°........	+ 803	+1030	+1500	+1800	+2900	+5600	−3000

Un éclairement assez intense décompose l'iodocamphre solide ou en solution, et le colore en jaune. Dans les conditions où nous avons opéré, les solutions étaient toujours incolores après les mesures.

(1) *Journ. Chem. Soc.*, 1932, p. 1725.
(2) *Berichte*, 37, 1904, p. 2170.

Les nombres précédents montrent que les trois dérivés halogénés présentent une anomalie très marquée de la dispersion rotatoire dans la première bande d'absorption ultraviolette. La rotation passe par une valeur nulle pour une longueur d'onde, qui est $0^{\mu},310$ pour le chlorocamphre, à peine supérieure pour le bromocamphre, et $0^{\mu},320$ pour l'iodocamphre. On ne possède pas de mesures des coefficients d'absorption de ces composés. Mais, d'après les courbes données par Lowry et Desch [1] pour les dérivés chloré et bromé, il est certain que la longueur d'onde de rotation nulle ne coïncide pas avec celle du maximum de la première bande d'absorption ($0^{\mu},295$). On retrouve ici un fait connu pour le camphre lui-même [2]. L'absorption croît du chlorure au bromure; pour le dérivé iodé (sur lequel on ne possède aucune donnée), elle est assez forte pour qu'il ne nous ait pas été possible d'atteindre le maximum négatif de la rotation.

Au total, l'effet de l'atome de Cl, Br, ou I sur l'activité optique de la bande étudiée, qui existe dans le camphre, se manifeste par un déplacement du point nul de la rotation vers les grandes longueurs d'onde, et par un accroissement des valeurs de la rotation moléculaire, qui sont, dans la région voisine du visible, approximativement proportionnelles à la racine carrée du poids atomique de l'atome d'halogène.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Lampes à incandescence à atmosphère de krypton et de xénon.* Note de M. **André Claude**, présentée par M. Georges Claude.

Le 4 juin 1934 [3] M. Georges Claude rappelait que, dès 1918, il avait signalé la possibilité de substituer le krypton et le xénon à l'argon dans les lampes à atmosphère gazeuse, mais que cette application, entravée jusque-là par la rareté et le prix de ces gaz, considérés comme sous-produits de l'industrie de l'air liquide, allait devenir réalisable grâce à une nouvelle conception de son collaborateur Gomonet.

M. Georges Claude signalait d'autre part que, sur sa suggestion, la Société d'Éclairage et d'Applications électriques d'Arras avait commencé sur ce sujet en 1923 avec M. Lepape des essais, continués ultérieurement

(1) *Journ. Chem. Soc.*, 95, 1909, p. 1343.

(2) W. Kuhn et H. K. Gore, *Zeits. f. physik. Chemie*, 12, 1931, p. 389.

(3) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1959.

par M. Gomonet, puis par moi-même et mon collaborateur M. Gomonet fils.

C'est de ces derniers essais effectués aux laboratoires de la Société Claude-Paz et Silva que je voudrais rendre compte.

Nos résultats sont basés sur la moyenne des chiffres obtenus pour chaque type de lampe sur plusieurs séries de fabrication différente, chaque série comportant 10 lampes environ. Dans ces conditions, nos essais ont porté actuellement sur plus de 10000 lampes à atmosphère de krypton et de xénon.

Dans l'ensemble, nos expériences nous ont montré :

a, une diminution sensible des pertes par conductibilité, l'augmentation de rendement de ce fait étant sensiblement celle qu'on pouvait attendre des coefficients des conductibilités calorifiques;

b, une diffusion plus lente de la vapeur de tungstène dans le krypton et le xénon que dans l'argon, ceci permettant, pour une même durée de la lampe, d'augmenter encore le rendement en augmentant la température du filament, d'où il résulte de plus une lumière bien plus blanche.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, la substitution du krypton ou du xénon à l'argon soulève un certain nombre de problèmes et de difficultés que nous avons dû résoudre ou vaincre pour parvenir aux résultats actuels :

1° *Influence de la teneur en xénon.* — Le xénon étant plus dense que le krypton, les lampes ayant le meilleur rendement sont celles dont l'atmosphère contient un plus fort pourcentage de xénon. Nous avons constaté que l'accroissement de rendement dû à l'addition de xénon au krypton ne croît pas linéairement avec la teneur en xénon. L'augmentation de rendement par rapport à l'argon étant par exemple, pour un certain type de lampe, de 22,4 pour 100 pour le krypton pur et de 42 pour 100 pour le xénon pur, elle est de 30,8 pour 100 pour un mélange de 90 pour 100 de krypton et 10 pour 100 de xénon, au lieu de 24,4 pour 100 s'il y avait proportionnalité. Le résultat le plus économique est obtenu avec une atmosphère de krypton contenant de 5 à 20 pour 100 de xénon, limites qui comprennent précisément le mélange brut krypton-xénon obtenu industriellement à partir de l'air atmosphérique.

2° *Influence de la teneur en azote.* — L'atmosphère actuelle des lampes à argon contient une certaine proportion d'azote, de 10 à 15 pour 100, qui a pour but de s'opposer à la formation d'arcs prématurés qui diminueraient considérablement la durée des lampes. Une telle addition d'azote

est inadmissible dans les lampes à atmosphère de krypton et de xénon. En effet, l'azote peut être ajouté sans grand inconvénient à l'argon, dont la conductibilité thermique et le poids moléculaire sont assez voisins des siens. Il n'en est plus de même avec des gaz lourds et très peu conducteurs comme le krypton et le xénon. En moyenne, à égalité de durée, la diminution de rendement est d'environ 0,7 pour 100 pour 1 pour 100 d'azote ajouté. Nous sommes cependant parvenu à réduire considérablement la teneur en azote dans le krypton et le xénon, tout en évitant la formation d'arcs prématurés.

3° *Diminution du volume des ampoules.* — Par suite de la faible conductibilité du krypton et du xénon, la quantité de chaleur à évacuer par la surface de l'ampoule est plus faible dans les lampes à krypton et xénon que dans les lampes à argon. Nous avons constaté pratiquement que de ce fait, le volume des ampoules actuelles peut être réduit de 60 pour 100 sans inconvénient pour la résistance mécanique de la lampe et sans altération sensible du rendement lumineux. On peut ainsi remplir 20 à 30 lampes des types usuels par litre de gaz.

Résultats obtenus avec les lampes usuelles. — En appliquant les principes essentiels énoncés ci-dessus aux types usuels de lampes dans les voltages 115 et 220 volts, nous avons obtenu pour une durée de base de 1000 heures les rendements suivants :

1° 115 volts :

Consommations (W)	15	20	25	40	60	75	100	300
Rendements (lumens/W).	10,40	11,16	12,07	14,32	15,32	16,38	17,35	20,42

2° 220 volts :

Consommations (W)	30	40	60	75	100
Rendements (lumens/W).	9,60	11,75	13,06	13,94	15,37

Il y a lieu d'observer que le krypton et le xénon conviennent parfaitement aux lampes de petites puissances, 15 et 20 watts, par exemple, en 115 volts; on sait que l'argon ne peut être utilisé pour ces puissances et qu'on construit seulement des lampes à vide dont le rendement est mauvais et la lumière trop rouge.

Lampes spéciales. — Avec les lampes de mines, nous avons obtenu des rendements supérieurs d'au moins 20 pour 100 à ceux des lampes actuelles. Nous avons pu également réaliser des lampes de signalisation de chemins de fer conformes au cahier des charges présentant une amélioration de rendement de plus de 50 pour 100.

Des études en cours, portant notamment sur le mécanisme de la formation des arcs à l'intérieur des lampes à incandescence nous permettent d'envisager une nouvelle amélioration des résultats déjà atteints, notamment quant à l'augmentation du rendement lumineux et à la quantité de gaz krypton et xénon nécessaire au remplissage des lampes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la tonométrie des solutions salines.* Note de M. **Jean Perreu.**

La méthode statique différentielle que j'ai exposée [1] m'a permis de déterminer, à 20°C., les tensions de vapeur des solutions aqueuses binaires de chlorure de baryum, de chlorure manganeux et d'hyposulfite de soude. Pour les solutions très concentrées du deuxième sel, qui est très soluble, j'ai dû, à cause des dimensions trop faibles du manomètre tensimétrique, remplacer l'huile de vaseline ($d_{20°} = 0,871$) par du monobromonaphtalène α ($d_{20°} = 1,483$). Chacune des congélations d'une solution, réalisée en immergeant cette dernière dans le mélange carboglace, alcool, dure, en général, moins de 5 minutes; toutefois l'abaissement du point de congélation des solutions concentrées de chlorure manganeux est tel que pour $c = 0,0786$, la solidification nécessite environ 25 minutes; pour les concentrations élevées, la congélation n'a pu être obtenue après un refroidissement d'une heure; dans ce dernier cas, les solutions ont été purgées d'air par une longue ébullition dans le vide.

Résultats obtenus :

Chlorure de baryum.

c.....	0,00756	0,01571	0,01833	0,0217	0,02365	0,026	0,0284	0,3085 (C)
Δp...	0,34	0,75	0,85	1,01	1,16	1,37	1,58	1,74 (extr.)
p....	17,20	16,79	16,69	16,53	16,38	16,17	15,96	15,80 (extr.)

Chlorure manganeux.

c.....	0,0219	0,0398	0,0544	0,0631	0,0786	0,0834	0,0933	0,0982	0,10565 (C)
Δp...	1,14	2,20	3,22	3,93	5,09	5,30	5,94	6,36	6,76 (extr.)
p....	16,40	15,34	14,32	13,61	12,45	12,24	11,60	11,18	10,78 (extr.)

Hyposulfite de soude.

c.....	0,0171	0,0310	0,04614	0,05724	0,0663	0,0730	0,0798 (C)
Δp...	0,63	1,19	2,05	2,60	3,22	3,67	4,16 (extr.)
p....	16,91	16,35	15,49	14,94	14,32	13,87	13,38 (extr.)

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1030.

c est la concentration des solutions (nombre de mol/g de sel par mol/g d'eau), p et Δp sont exprimés en millimètres de mercure $P_{20°} = 17^{mm},54$ [1].

Vérification de l'équation de solubilité des hydrates (*loc. cit.*). — De cette tion, on tire

$$q_C = \frac{T^2}{503} \frac{1 - sC}{C} \left(\frac{\partial \log p}{\partial C}\right)_T \bigg/ \frac{dC}{dT}. \quad \text{(I)}$$

$Cl^2Ba, 2H^2O$. — Des tables de solubilité, on déduit : $C_{20°} = 0,03085$; $(dC/dT)_{20°} = 0,000215$. Les mesures calorimétriques et tonométriques m'ont donné : $q_{C(20°)} = -5^{cal},11$; $(\partial \log p/\partial C)_{20°} = -4,63$. D'où $q_{C\,calc} = -5^{cal},18$ (diff. 1,4 pour 100 env.).

$Cl^2Mn, 4H^2O$. — On a : $C_{20°} = 0,010565$; $(dC/dT)_{20°} = 0,000915$. J'ai trouvé : $q_{C(20°)} = -4^{cal},81$; $(\partial \log p/\partial C)_{20°} = -5,70$. D'où $q_{C\,calc} = -4^{cal},87$ (diff. 1,2 pour 100 env.).

$S^2O^3Na^2, 5H^2O$. — $C_{20°} = 0,0798$; $(dC/dT)_{20°} = 0,00127$. J'ai obtenu : $q_{C(20°)} = -8^{cal},53$; $(\partial \log p/\partial C)_{20°} = -5,01$. Par suite $q_{C\,calc} = -8^{cal},45$ (diff. 1 pour 100 env.).

Vérification de l'équation de Kirchhoff sur les chaleurs différentielles de dilution. — Cette dernière équation [2] peut s'écrire :

$$l_c = \frac{T^2}{503} \left(\frac{d \log \frac{p}{P}}{dT}\right)_c, \quad \text{(II)}$$

l_c représente la chaleur différentielle de dilution de la solution de concentration c, ou la chaleur dégagée en ajoutant une mol/g d'eau à un très grand excès de cette solution; p est la tension de vapeur de la solution et P la tension maximum de la vapeur d'eau.

J'ai vérifié cette relation (II) pour quelques solutions moyennement concentrées de sulfate de soude, à 20°.

Mesures calorimétriques. — Les chaleurs l_c ont été déduites de la mesure des chaleurs intermédiaires de dilution $\mathcal{L}_c^{c'}$, dégagées en ajoutant à la masse de solution de concentration c, renfermant une mol/g de sel, un très grand excès d'eau, la concentration finale c', voisine de zéro, étant la même dans toutes les expériences. Les grandeurs $\mathcal{L}_c^{c'}$ ont été déterminées, vers 20°, par deux méthodes qui m'ont donné des résultats concordants.

---

(1) Von Scheel et Hense, *Ann. der Phys.*, 4e série, 31, 1910, p. 715.
(2) *Pogg. Ann.*, 103, 1858, p. 177.

c......	0,02184	0,0201	0,01827	0,01636	0,01436	0,01226	0,01005	0,00529
$\mathcal{L}_c^{0,0011}$..	$-1^{cal},58$	$-1^{cal},48$	$-1^{cal},39$	$-1^{cal},28$	$-1^{cal},15$	$-1^{cal},00$	$-0^{cal},82$	$-0^{cal},53$
l_c calc.	$-0,0234$	$-0,021$	$-0,019$	$-0,0164$	$-0,014$	$-0,011$		

Les valeurs de $\mathcal{L}_c^{0,0011}$ peuvent être représentées par la formule

$$\mathcal{L}_c^{0,0011} = \frac{1 - 537,206c}{4 + 128,04c},$$

à partir de laquelle j'ai calculé les valeurs correspondantes de l_c, en utilisant la relation

$$l_c = c^2 \frac{d\mathcal{L}_c^{c'}}{dc}.$$

Mesures tonométriques. — J'ai indiqué (*loc. cit.*) dans une autre Note, les valeurs obtenues dans la mesure des tensions de vapeur des solutions de sulfate de soude, à 20°. Des expériences, effectuées à 25° et à 15°, m'ont donné les résultats suivants :

25°	c...	0,0169	0,0131	0,01057	15°	c...	0,0158	0,0127	0,0983
	p...	22,82	23,06	23,24		p...	12,45	12,50	12,56

A l'aide des courbes $p = f(c)$, on obtient, par intrapolation, les tensions de vapeur, à 15° et 25°, pour quelques-unes des concentrations étudiées dans les mesures calorimétriques. Connaissant $P_{15°} = 12^{mm},79$; $P_{25°} = 23^{mm},76$ [1], on calcule les valeurs de $[(\partial \log p/P)/\partial T]_c$ (de 15° à 25°) et on déduit l_c de la formule (II).

c..............................	0,01636	0,01436	0,01226
$\left(\frac{\partial \log p/P}{\partial T}\right)_c$ (15°-25°).............	$-0,001$	$-0,00084$	$-0,00061$
l_c calc. (20°)....................	$-0^{cal},017$	$-0^{cal},0144$	$-0^{cal},0104$

La différence entre ces valeurs de l_c et celles qui sont calculées à partir de $\mathcal{L}_c^{c'}$ est inférieure à 6 pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination de quelques propriétés diélectriques de l'eau lourde*. Note de MM. **Paul Abadie** et **Georges Champetier**, présentée par M. Georges Urbain.

L'eau lourde redistillée renfermait 98 pour 100 de D^2O.

1° *Constante diélectrique*. — Elle a été déterminée par rapport à celle de l'eau bidistillée ordinaire, pour une longueur d'onde de 100^m environ,

(1) Von Scheel et Hense, *loc. cit.*

par une méthode classique de résonance de tension. $\mathcal{E}_1 = 79$ à $t = 20°$ en prenant 81 pour la valeur de la constante diélectrique de l'eau légère à la même température. Par suite de la conductibilité notable de l'eau lourde utilisée, la valeur de $\mathcal{E}_1$ n'est pas déterminée avec une précision supérieure au 1/100e (¹).

2° *Moment électrique.* — Il a été déterminé en mesurant les constantes diélectriques ($\mathcal{E}_{12}$) des solutions d'eau lourde dans le dioxane et en appliquant la formule classique

$$\frac{\varepsilon_{12}-1}{\varepsilon_{12}+2}\,\frac{M_1 f_1 + M_2 f_2}{d_{12}} = P_1 f_1 + P_2 f_2,$$

les indices 12 se rapportent à la solution : 1 au solvant (dioxane) et 2 au corps dissous pur (eau lourde), M_1 et M_2 sont les poids moléculaires, P_1 et P_2 sont les polarisations moléculaires totales, d_{12} la densité de la solution et f_1 et f_2 les fractions molaires.

Les valeurs de P_2 ainsi mesurées restent pratiquement constantes pour des concentrations inférieures à 2,5 pour 100 en volumes et égales à 81^{cm^3}.

On sait que l'on a

$$P_2 = P_E + P_A + \frac{4\pi}{3} N \frac{\mu^2}{3KT},$$

où P_E et P_A sont les parties dues à la polarisation électronique de la molécule, N le nombre d'Avogadro, μ le moment électrique de la molécule, K la constante de Boltzman et T la température absolue.

Comme valeur de $P_E + P_A$ on a pris 7^{cm^3}, d'où enfin la valeur du moment électrique de l'eau lourde : $\mu = 1{,}87 \,.\, 10^{-18}$ u. e. s.

Parallèlement, nous avons déterminé le moment électrique de l'eau ordinaire en utilisant le même solvant; $\mu = 1{,}86 \,.\, 10^{-18}$ u. e. s.

Cette dernière valeur est très voisine des valeurs trouvées par Williams ou Linton et O. Maass (²) à la température de 25°, qui ont aussi utilisé le dioxane comme solvant.

3° *Étude de la dispersion anomale des solutions d'eau lourde dans le dioxane.* — Nous avons opéré dans des solutions à 30, 20, 10 et 5 pour 100 en volumes et nous avons mesuré les constantes diélectriques réelles ε'

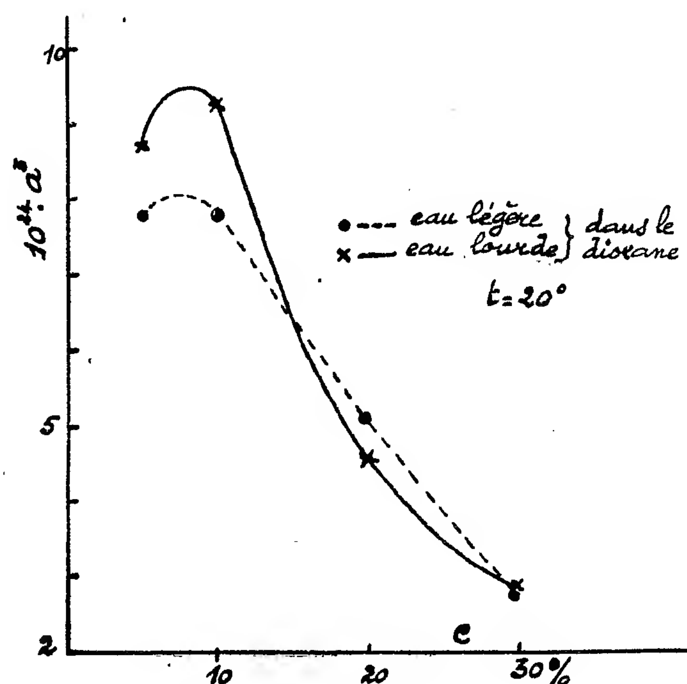
(¹) Voir aussi G. N. Lewis, A. R. Olson et W. Maroney, *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 4731.

(²) J. W. Williams, *J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 1831-1838; E. P. Linton et O. Maass, *J. Canadian Res.*, 7, 1930, p. 81.

pour des longueurs d'ondes de 17 et 28^{cm} environ, par la deuxième méthode de Drude. Si l'on utilise l'expression classique de Debye :

$$\varepsilon' = \varepsilon_0 + \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_0}{1 + \left(\frac{\varepsilon_1 + 2}{\varepsilon_0 + 2}\right)^2 \omega^2 \tau^2} \quad \text{où} \quad \tau = \frac{4\pi\eta a^3}{kT}$$

($\mathcal{E}_0$, constante diélectrique optique; $\mathcal{E}_1$, constante diélectrique statique, ω, pulsation; τ, temps de relaxation; a, rayon de la molécule supposée



sphérique; K, constante de Boltzman; T, température absolue et η, viscosité), on peut déterminer a^3. La concordance des valeurs obtenues pour les deux fréquences différentes montre que l'on a, dans les solutions, un seul temps de relaxation.

La courbe ci-dessus (en trait plein) donne les valeurs de a^3 en fonction des concentrations c; elle passe par un maximum, et elle est à rapprocher des courbes obtenues pour des solutions d'autres corps polaires (1).

La courbe en trait pointillé est relative à l'eau légère (*loc. cit.*). Les

---

(1) P. Girard et P. Abadie, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1187.

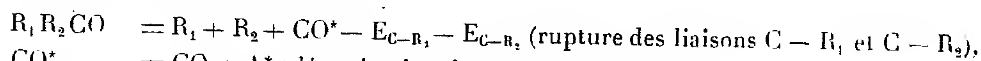
écarts entre les deux courbes pour les solutions à 10 et 5 pour 100 (qui sont supérieurs aux erreurs d'expériences) montrent une différence des actions intermoléculaires entre les molécules du dioxane et celles de l'eau légère ou de l'eau lourde.

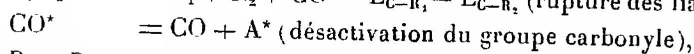
Nous avons admis, dans ces expériences, qu'il n'y a pas de réaction d'échange des atomes d'hydrogène au sein des solutions d'eau lourde dans le dioxane; de telles réactions n'ont lieu, en effet, à la température ordinaire, qu'avec des composés organiques renfermant des atomes d'hydrogène mobiles, ce qui n'est apparemment pas le cas du dioxane. L'exemple des solutions d'acétone dans l'eau lourde montre, en outre, que les réactions d'échange sont très lentes, en milieu neutre, lorsqu'elles se produisent sur des corps organiques pour lesquels les atomes d'hydrogène intéressés n'ont pas un caractère nettement acide. Enfin, deux mesures de constantes diélectriques effectuées, l'une immédiatement après la mise en solution de l'eau lourde dans le dioxane, l'autre 10 jours après, ont donné les mêmes valeurs expérimentales.

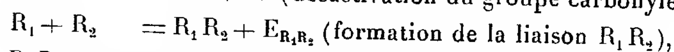
THERMOCHIMIE. — *Considérations thermochimiques sur le groupe carbonyle.* Note (1) de MM. **Paul Goldfinger, Wladimir Lasareff** et **Morice Letort**, présentée par M. Georges Urbain.

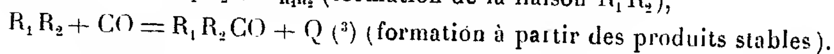
V. Henri (2) a attiré l'attention sur la concordance des fréquences de vibration du groupe carbonyle et de l'état activé $a^3\Pi$ de la molécule de CO; il en a déduit que dans les aldéhydes et cétones le groupe CO correspond à l'état $a^3\Pi$.

Par le calcul thermochimique suivant, on trouve également que le groupe CO doit être activé


$R_1R_2CO = R_1 + R_2 + CO^* - E_{C-R_1} - E_{C-R_2}$ (rupture des liaisons $C - R_1$ et $C - R_2$),


$CO^* = CO + A^*$ (désactivation du groupe carbonyle),


$R_1 + R_2 = R_1R_2 + E_{R_1R_2}$ (formation de la liaison R_1R_2),


$R_1R_2 + CO = R_1R_2CO + Q$ (3) (formation à partir des produits stables).

On a donc

$$E_{C-R_1} + E_{C-R_2} - E_{R_1R_2} - Q - A^* = 0 \quad [\text{éq. (1)}].$$

(1) Séance du 29 avril 1935.

(2) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 849.

(3) *Tables de Landolt-Börnstein*, 5e édition et compléments, 1923-1931.

Pour les énergies de liaison nous prenons les valeurs déduites récemment par Goldfinger et Lasareff (¹) à partir de l'énergie de la liaison C — C dans le diamant calculé par Lasareff (²)

$$E_{C-C} = 5,53; \quad E_{C-H} = 5,30; \quad E_{C-O} = 4,76; \quad E_{C-N} = 3,63; \quad E_{C-Cl} = 4,38 \text{ v. e}$$

En admettant, en première approximation, que dans le composé le plus simple, H^2CO, l'énergie de la liaison C — H n'est pas influencée par le groupe CO, on a [éq. (1)] $A^* = 6,15$ v. e. ce qui coïncide, dans les limites d'erreur, avec l'énergie d'activation électronique de l'état $a^3\Pi$ [5,98 e. v. (³)] et confirme le résultat de V. Henri.

Pour les autres composés de $>$CO l'équation (1) n'est plus vérifiée si l'on admet la constance des énergies de liaison et de la valeur de A^*. On peut alors écrire : $E_{C-R_1} + E_{C-R_2} - E_{R_1R_2} - Q - A^* = \Delta$; Δ exprime un décalage, qui tient aux interactions dont les valeurs précises ne pourront être déterminées qu'après avoir tenu compte des énergies du zéro absolu.

Les valeurs de Δ calculées pour 36 composés se disposent en groupes distincts correspondant à la classification chimique. On peut donc essayer de décomposer Δ en deux termes, δ_1 et δ_2, correspondant aux contributions des radicaux R_1 et R_2. A chacun des radicaux du même type correspond une valeur δ sensiblement constante et caractéristique. Les dérivés chlorés font exception et c'est dans le cas du C^6H^5 que les fluctuations de δ sont les plus fortes; c'est d'ailleurs pour ces composés que les données thermochimiques sont les moins complètes. En grandes lignes, on peut distinguer empiriquement quatre classes :

R...	H —	C^nH^{2n+1} —	C^nHO^{2n+1} — et acryle, phényle, cinnamyle	OH et NH^2
δ...	—0,05	0,3	0,8	1,2

De plus, en ordonnant les composés dans le sens des valeurs croissantes de δ_2 ($\delta_2 > \delta_1$), on observe une diminution monotone de la fréquence de vibration ω du groupe CO.

En résumé, le cycle proposé montre que, pour la molécule très simple H^2CO, l'énergie d'activation du groupe CO est la même que celle de l'état $a^3\Pi$ de la molécule CO. Pour les autres composés du carbonyle, le

(¹) *Bull. Acad. Sc. Bruxelles* (*sous presse*).

(²) *Journ. of Phys. Chem.*, 139, 1935 (*sous presse*).

(³) R. S. Mulliken, *Rev. Mod. Phys.*, 4, 1932, p. 1.

calcul révèle un décalage des énergies, bien compréhensible qualitativement, et qui quantitativement présente certaines régularités.

R_1.	R_2.	Δ.	δ_1.	δ_2.	δ_2 moyenne.	$\omega_{cm^{-1}}$ [1].
H	H	−0,1	−0,05	−0,05	−0,05	1768
H	C^nH^{2n+1}	0,35 ± 0,06	(−0,05)	0,30	0,33	1720 (*m*)
C^nH^{2n+1}	C^nH^{2n-1}	0,72 ± 0,18	0,36	0,36		1710 (*m*)
C^nH^{2n-1}	$C^nH^{2n+1}O$	1,18 ± 0,20	(0,33)	0,85	0,81	1735 (*m*)
H	$C^nH^{2n+1}O$	0,73 ± 0,04	(−0,05)	0,78		1715 (*m*)
$C^nH^{2n+1}O$	C^6H^5	1,58 ± 0,10	(0,81)	0,77	0,75	1716 (*m*)
H	X [2]	0,62 ± 0,20	(−0,05)	0,67		1685 (*m*)
CH^3	C^6H^5	1,35	(0,33)	1,02		1678
C^6H^5	C^6H^5	1,05	0,52	0,52		1653
C^6H^5	OH	1,71	(0,75)	0,96	1,18	1647
C^nH^{2n-1}	OH	1,65 ± 0,20	(0,33)	1,32		1660 (*m*)
H	OH	1,2	(−0,05)	1,25		1657
H	NH^2	1,43	(−0,05)	1,48	1,31	1671
C^nH^{2n+1}	NH^2	1,83 ± 0,20	(0,33)	1,50		1660 (*m*)
C^6H^5	NH^2	1,75	(0,75)	1,00		1652
NH^2	NH^2	2,50	1,25	1,25		1655
Cl	Cl	0,82	–	–	–	1810
CH^3	Cl	0,03	–	–	–	1797

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode de séparation quantitative du fer et du cobalt.* Note de M. **Pierre Spacu**, présentée par M. Georges Urbain.

Priyadaranjan Rây et A. K. Chattopadhya [3], en étudiant l'action de l'hexaméthylènetétramine sur les solutions chlorhydriques, sont arrivés à donner un procédé pour la séparation du fer d'avec le cobalt, le nickel, le zinc et le manganèse. Celui-ci est basé sur la précipitation du fer à l'état d'hydroxyde ferrique, par l'ammoniaque provenant de l'hydrolyse de l'hexaméthylènetétramine, hydrolyse provoquant la diminution de la concentration des ions H de la solution. Les résultats obtenus sont assez précis, mais la méthode proposée par ces auteurs pour le dosage du cobalt est très compliquée. Nous avons essayé alors de trouver un réactif permettant

---

(1) (*m*) désigne des fréquences moyennes. Toutes les valeurs sont tirées de K. W. F. Kohlrausch, *Der Smekal-Raman Effekt*, 1931; et A. Pongratz, *Zeitschr. f. physik. Chemie.* (B), 27, 1934, p. 176.

(2) X = acryle, phényle, cinnamyle.

(3) *Z. f. anorg. Chem.*, 169, 1928, p. 99.

à la fois la séparation quantitative du fer et le dosage précis et rapide du cobalt dans le filtrat.

En traitant une solution qui contient des ions Fe^{+++} et Co^{++} par la pyridine, tout le fer est séparé à l'état d'hydroxyde ferrique (la pyridine détermine très facilement en solution aqueuse des précipitations d'hydroxyde), tandis que le cobalt reste dans la solution.

Après une série d'essais, nous sommes arrivé à mettre au point la méthode suivante qui permet de faire la séparation quantitative de ces deux éléments.

A la solution, neutre ou faiblement acide, des deux métaux, diluée à environ 50-80$^{cm^3}$ (si le fer se trouve à l'état d'ions Fe^{++}, on l'oxyde en faisant bouillir quelques minutes la solution avec quelques gouttes d'acide nitrique), on ajoute, à chaud, de la pyridine, goutte à goutte, jusqu'à ce que tout le fer précipite, et que la solution surnageante reste claire. On ajoute encore 3-4 gouttes de pyridine, et l'on filtre en lavant le précipité par décantation avec de l'eau chaude, on lave encore sur le filtre, puis on sèche le précipité; on le calcine et l'on pèse le sesquioxyde de fer. Pour être tout à fait sûr que l'hydroxyde de fer n'a pas adsorbé de traces de cobalt, on peut dissoudre sur le filtre le précipité de $Fe(OH)^3$ avec de l'acide chlorhydrique et le reprécipiter par la pyridine. L'hydroxyde de fer ainsi obtenu est complètement exempt de cobalt. Dans la solution on peut doser immédiatement le cobalt sous forme d'ammine $[CoPy^4(SCN)^2]$, par la méthode décrite par M. G. Spacu (1).

Poids du $Fe.NH^4.(SO^4)^2.12H^2O$.	Poids du $CoCl^2.6H^2O$.	Fe^2O^3 trouvé.	$[CoPy^4(SCN)^2]$ trouvé.	Fe % trouvé.	Fe % calculé.	Co % trouvé.	Co % calculé.
g	g	g	g				
0,2964......	0,0720	0,0496	0,1482	11,70	11,58	24,70	24,78
0,3758......	0,0736	0,0624	0,1515	11,62	–	24,71	–
0,3424......	0,0825	0,0568	0,1699	11,61	–	24,72	–
0,3276......	0,0732	0,0539	0,1514	11,51	–	24,83	–
0,4735......	0,1095	0,0783	0,2257	11,56	–	24,76	–
0,4423......	0,0748	0,0728	0,1546	11,52	–	24,81	–
0,3222......	0,0642	0,0534	0,1326	11,59	–	24,79	–
0,2995......	0,0661	0,0494	0,1368	11,54	–	24,84	–
0,3351......	0,0686	0,0553	0,1413	11,54	–	24,72	–
0,4247......	0,0764	0,0699	0,1574	11,51	–	24,78	–
0,6059......	0,0752	0,1070	0,1550	11,50	–	24,74	–
0,5348......	0,1141	0,0882	0,2349	11,54	–	24,71	–

(1) *Z. f. anal. Chem.*, 71, 1927, p. 97.

Le tableau précédent montre que les résultats obtenus sont très concordants. Les nombres trouvés, comparés aux nombres calculés, montrent la précision de cette nouvelle méthode.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les propriétés de l'acide allotellurique.* Note de M. **Marcel Patry**.

Le produit de fusion, en tube scellé, de l'acide orthotellurique, dénommé par Mylius acide allotellurique, est un mélange dépendant des conditions expérimentales [1].

I. J'ai étudié longuement les préparations les moins évoluées, obtenues par un chauffage de 12 minutes à 150° (temps juste nécessaire à la fusion complète). Elles renferment 10 pour 100 d'acide *ortho* non transformé. J'ai été amené pour des raisons que j'indiquerai plus loin, à considérer ces préparations comme des mélanges binaires d'acide *ortho* et d'un produit défini, auquel l'acide de Mylius doit ses propriétés. J'ai donc essayé de séparer et d'isoler ce produit que j'appelle *acide allotellurique pur*.

1° *Action de l'acide nitrique concentré.* — L'acide *ortho* insoluble à froid précipite sous la forme *monoclinique*. La solution nitrique évolue rapidement. L'acide *ortho* formé se dépose sous la même forme cristalline. Par suite de cette transformation il est impossible d'obtenir, par évaporation, l'acide *allo* pur.

2° *Action des alcools.* — L'acide *ortho* est insoluble dans les solvants organiques usuels. Par contre, j'ai observé une extrême solubilité de l'acide *allo* dans les alcools de faible poids moléculaire, méthylique et éthylique, en particulier. En traitant l'acide *allo* brut par l'alcool éthylique absolu, l'acide *ortho* précipite dans la variété *cubique*. La solution alcoolique évolue très lentement avec dépôt d'acide *ortho* cubique. Malgré l'extrême lenteur de cette transformation, qui demanderait plusieurs années pour être complète, je n'ai pu isoler l'acide *allo*, par suite de la formation d'éthers-sels dont l'existence n'avait pas encore été signalée. L'évaporation donne en effet naissance à une gomme, puis à une poudre blanche amorphe, très hygroscopique, soluble dans l'eau, insoluble dans l'éther, le benzène, le chloroforme, constituée par un mélange d'acide allotellurique et *d'acide éthyl-allotellurique* $(TeO^4HC^2H^5)^n$. En opérant dans le vide de la trompe

[1] P. Pascal et M. Patry, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 708.

à eau et au-dessous de 50°, l'éthérification ne dépasse pas 20 pour 100. Au contraire, si la liqueur alcoolique est préalablement chauffée à reflux pendant 5 heures, non seulement la première fonction est éthérifiée complètement, mais encore on obtient 20 pour 100 environ *d'allotellurate neutre d'éthyle* $[TeO^4(C^2H^5)^2]^n$, insoluble dans l'eau froide, soluble dans l'éther.

L'éther neutre est donc isolable facilement; par contre, je n'ai pas encore réussi à séparer l'acide *allo* de son éther acide. Ces éthers sont des solides indistillables sans décomposition, même dans le vide de la trompe à mercure. On les obtient aisément anhydres (contrairement à l'acide *allo*). Les solutions aqueuses d'éther acide ont des propriétés très voisines de celles d'acide allotellurique. La cryoscopie révèle une condensation analogue; légèrement plus acides, ces solutions évoluent un peu moins rapidement.

Les liqueurs alcooliques d'acide *allo*, traitées avec précaution par la soude, précipitent un sel condensé, le *ditellurate* de formule $Te^2O^8H^3Na . 1,5H^2O$. J'ai obtenu aussi les sels correspondants de potassium et d'ammonium. En présence d'alcalis en excès, ces sels sont rapidement transformés en tellurates plus basiques. En solution aqueuse, la cryoscopie montre qu'ils sont immédiatement décomposés en acide *ortho* et tellurate acide.

II. Dans les préparations plus évoluées d'acide allotellurique brut, obtenues par chauffage prolongé à des températures comprises entre 150° et 305°, j'ai pu caractériser outre l'acide orthotellurique, l'acide métatellurique et *un nouvel anhydride* TeO^3. En particulier, en maintenant le chauffage 150 heures à 300°, j'ai obtenu une masse solide, de couleur crème, de composition TeO^3, et de l'eau. Cet anhydride, insoluble dans les lessives concentrées de potasse, doit être considéré comme l'anhydride allotellurique.

Dans le cas général, il subsiste dans ces préparations une fraction soluble dans l'alcool absolu. Les solutions correspondantes sont analogues à celles décrites précédemment. Les déterminations cryoscopiques et conductimétriques montrent qu'elles correspondent au même produit : l'acide allotellurique pur.

Conclusions. — L'acide allotellurique brut doit ses propriétés à un acide condensé soluble dans l'acide nitrique et l'alcool absolu, indépendant des conditions de préparation et auquel on doit réserver le nom d'acide allotellurique.

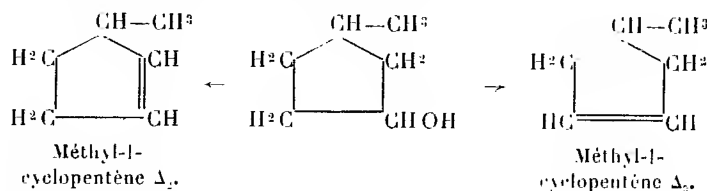
La liqueur alcoolique d'acide allotellurique conduit aux éthers-sels du tellure hexavalent et apparaît comme un matériau précieux pour la prépa-

ration des dérivés organiques de cet élément. Elle conduit aussi aux ditellurates. Elle permet en outre la préparation simple de certains dérivés du tellure à un degré très élevé de pureté (TeO^6H^6 sous ses deux formes et TeO^2).

A l'acide allotellurique correspond un anhydre particulier, facilement isolable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les méthyl-1-cyclopentènes Δ_2 et Δ_3 et leurs dérivés.* Note de MM. **Marcel Godchot**, **Max Mousseron** et **Roger Richaud**, présentée par M. Marcel Delépine.

La présente Note a pour but d'étudier les carbures méthylcyclopenténiques obtenus par déshydratation, soit du méthyl-1-cyclopentanol-3 racémique, soit du méthyl-1-cyclopentanol-3 actif.



A. La déshydratation du méthyl-1-cyclopentanol-3 ($d+l$), issu de la réduction au sodium-alcool de la cétone correspondante, provenant elle-même de la cyclisation de l'acide méthyl-3 adipique, avait déjà fourni à Zelinsky et Levina (¹), un mélange des deux carbures (Eb = 71-73°) qu'ils n'ont pas séparés. Le mélange brut de carbures (Eb = 65-76°) provenant de l'action de l'anhydride phtalique bouillant sur le méthyl-1-cyclopentanol-3, est fractionné à l'aide d'une colonne de 1ᵐ de hauteur remplie de perles de verre, et surmontée d'un rétrogradateur de 30ᶜᵐ et d'une jaquette thermométrique : on isole deux fractions, l'une bouillant à 66°,5-67° sous 766ᵐᵐ et l'autre à 74°,5-75°,5.

La première, qui prédomine en quantité, correspond au méthyl-1-cyclopentène-Δ_2 ($d_{16}=0,769$; $n_D^{16}=1,4233$. R. M. trouvée, 27,52; calculée, 27,24); son oxydation permanganique conduit à l'acide méthyl-2-glutarique F. = 77-78°. La deuxième fraction est constituée par le méthyl-1-cyclopentène Δ_3 inconnu jusqu'ici ($d_{16}=0,781$; $n_D^{16}=1,4325$. R. M.

(¹) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 66, 1933, p. 479.

trouvée, 27,26; calculée, 27,24); oxydé par le permanganate, il fournit l'acide méthyl-3-glutarique F. = 86°.

B. Si l'on soumet à la déshydratation le méthyl-1-cyclopentanol-3 actif, provenant de la réduction de la cétone correspondante et résultant de la cyclisation de l'acide méthyl-3-adipique actif, on obtient de la même façon un mélange de deux carbures; cette déshydratation a été effectuée par petites quantités à l'aide d'acide sulfurique selon la technique de Senderens ([1]); par un fractionnement très poussé et en déterminant les pouvoirs rotatoires des diverses fractions, on isole le méthyl-1-cyclopentène-Δ_2 droit ($Eb_{766}=66,5$-$67°$; $d_{16}=0,772$; $n_D^{16}=1,4250$; $[\alpha]_{579}=+77°,90$; $[\alpha]_{546}=+89°,13$; $[\alpha]_{436}=+132°,28$) déjà entrevu par divers auteurs ([2]), et l'on retrouve le méthyl-1-cyclopentène-$\Delta_3 i$ ($Eb_{766}=75$-$76°$; $d_{16}=0,784$; $n_D^{16}=1,4346$). Ce dernier carbure ne présente pas d'activité optique et doit donc être considéré comme pur, alors que celui isolé dans la série racémique peut être souillé de traces de méthyl-1-cyclopentène-Δ_2, difficile à séparer par variations de point d'ébullition, densité et indice de réfraction.

C. Le méthyl-1-cyclopentène $\Delta_2(d+l)$ fournit selon la technique habituelle, une chlorhydrine et le méthyl-2-époxycyclopentane, inconnu jusqu'ici ($Eb_{760}=115$-$116°$; $d_{16}=0,9375$; $n_D^{16}=1,4359$. R. M. trouvée, 27,32; calculée, 27,15).

Par oxydation du même carbure avec le permanganate en solution diluée, on obtient le *cis*-méthyl-1-cyclopentane-diol-2.3 ($Eb_{16}=107$-$108°$; $d_{16}=1,053$; $n_D^{16}=1,4695$; $\eta_{16}=0,6822$. R. M. trouvée, 30,75; calculée, 30,70). Ce diol (diphényluréthane, F = 181-182°) possède la configuration *cis*, car il fournit une combinaison acétonique ($d_{15}=0,967$; $n_D^{15}=1,4365$. R. M. trouvée, 42,22; calculée, 42,64).

Par hydratation du méthyl-2-époxycyclopentane par l'eau acidulée avec l'acide chlorhydrique, à 110°, on isole le *trans*-méthyl-1-cyclopentane-diol-2.3, liquide très visqueux, incristallisable ($Eb_{18}=112°$; $d_{16}=1,071$; $n_D^{16}=1,4753$; $\eta_{16}=9,952$; diphényluréthane, F = 238-239°); il ne donne aucune combinaison acétonique, prouvant ainsi une disposition *trans* des deux oxhydriles.

D. Le méthyl-1-cyclopentène-$\Delta_2 d$, traité par l'acide perbenzoïque selon

---

([1]) *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 1168.

([2]) ZELINSKY, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 2488.

le procédé de Prileshaieff [1] modifié par Mlle Lévy et Lagrave [2], fournit le méthyl-2-époxycyclopentane actif ($Eb_{760} = 114$-$115°$; $d_{16} = 0,9330$; $n_D^{16} = 1,4289$; $[\alpha]_{579} = +14°,12$; $[\alpha]_{546} = +15°,96$; $[\alpha]_{436} = +26°,69$), dont l'hydratation fournit le *trans*-méthyl-1-cyclopentane-diol-2.3 actif ($[\alpha]_{546} = -3°,85$, $\alpha_I/\alpha_V = 1,725$).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'o-chlorocyclopentanone sur les halogénures organomagnésiens.* Note M. **V.-M. Mitchovitch**, présentée par M. Marcel Delépine.

Bouveault et Chéreau [3] ont obtenu par action de l'*o*-chlorocyclohexanone sur les halogénures organomagnésiens les cyclohexanones substituées en ortho (l'*o*-méthyl-, l'*o*-éthyl- et l'*o*-isopropylcyclohexanone). On a constaté récemment [4] que, par action de l'*o*-chlorocyclohexanone sur les magnésiens il se fait non seulement la substitution directe de l'halogène par un radical, mais il se produit encore une autre réaction accompagnée d'une régression du cycle. C'est ainsi que l'action de l'*o*-chlorocyclohexanone sur le magnésien du bromure d'éthyle a donné lieu aux deux cétones isomères l'*o*-éthylcyclohexanone (I) et l'éthylcyclopentylcétone (II).

$C^2H^5.Mg.Br + Cl.HC\langle CO-CH^2, CH^2-CH^2 \rangle CH^2$ → $C^2H^5.CO.HC\langle CH^2-CH^2, CH^2 \rangle CH^2$ (II)

→ $C^2H^5.HC\langle CO-CH^2, CH^2-CH^2 \rangle CH^2$ (I)

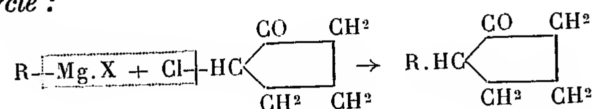
La même régression du cycle a été constaté dans l'action de l'*o*-chlorocyclohexanone sur le magnésien du bromure de butyle normal [5] et sur le magnésien de l'iodure de méthyle [6].

(1) *Journ. Soc. phys. chim. russe*, 42, 1910, p. 1387.
(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 37, 1925, p. 1597.
(3) *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 1086.
(4) V. M. Mitchovitch, *Thèse de sciences*, Nancy, 1929; Vavon et Mitchovitch, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 965.
(5) Guédon, *Thèse de sciences*, Nancy, 1930; Vavon et Guédon, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 904.
(6) Mme Perlin-Borrel, *Thèse de sciences*, Nancy, 1931; Vavon et Mme Perlin-Borrel, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 994.

Tiffenau et Tchoubar ([1]) ont étudié cette réaction et expliqué son mécanisme. Quand on fait agir l'*o*-chlorocyclohexanone sur les magnésiens à froid, c'est seulement le groupement cétonique qui réagit avec formation de l'alcool chloré tertiaire, mais si l'on chasse l'éther à sec du produit de réaction ou si l'on fait agir encore une molécule du magnésien sur l'alcool chloré tertiaire, on obtient un mélange de deux cétones.

Le cycle cyclopentanique est plus stable que le cycle cyclohexanique, mais le cycle cyclobutanique est beaucoup moins stable que le cycle cyclopentanique. Il fallait donc s'attendre que l'*o*-chlorocyclopentanone réagirait avec le magnésien différemment que l'*o*-chlorocyclohexanone. La différence entre ces deux cétones au point de vue de stabilité relative a été déjà constatée par Favorsky et Bojovsky ([2]); sous l'action de la potasse alcoolique l'*o*-chlorocyclohexanone donne l'acide cyclopentancarbonique et l'*o*-chlorocyclopentanone ne donne que des produits de condensation. Dans le premier cas, le cyle en C^6 est rompu et régresse au cycle en C_5, mais non dans le deuxième cas. D'autre part, Godchot et Taboury ([3]) indiquent que l'*o*-chlorocyclopentanone réagit avec le magnésien de l'iodure de méthyle très énergiquement et qu'on obtient toujours des produits de condensation, une masse plastique plus ou moins colorée.

En étudiant cette réaction nous sommes arrivé au résultat suivant. Quand on fait réagir l'*o*-chlorocyclopentanone sur les magnésiens, dans les mêmes conditions expérimentales que l'*o*-chlorocyclohexanone, on n'obtient, à côté des produits de condensation plus avancée, que les cyclopentanone substituées en *ortho*. La cétone ainsi obtenue est homogène et on n'a pu constater la formation d'une autre cétone dans les réactions étudiées. *Contrairement à ce qui se passe dans la réaction avec l'*o*-chlorocyclohexanone, dans le cas de l'*o*-chlorocyclopentanone l'atome halogéné est remplacé directement par le radical du magnésien sans aucune rupture ni régression du cycle :*



Partie expérimentale. — On prépare l'organomagnésien correspondant d'après les manipulations habituelles et on introduit goutte à goutte

([1]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 941.
([2]) *Journ. Soc. chim. r.*, 50, 1920, p. 582.
([3]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 13, 1913, p. 595

l'o-chlorocyclopentanone fraîchement distillée et dissoute dans son poids d'éther anhydre. La réaction est vive et l'éther se met à bouillir. L'introduction terminée le liquide se sépare en deux couches. On chasse ensuite l'éther au bain-marie et quand la température de l'eau est vers 70° C. la masse commence à se boursoufler; elle remplit la majeure partie du ballon. Le magnésien est décomposé comme d'habitude et fractionné sous vide. Les cétones obtenues ont été purifiées par l'intermédiaire des semi-carbazones et identifiées par les constantes physiques et dérivés solides (oximes, semi-carbazones). Les rendements sont faibles.

Ortho-méthylcyclopentanone bout à 138°-139° sous 749^{mm}, sa semicarbazone fond à 183°-184° (1).

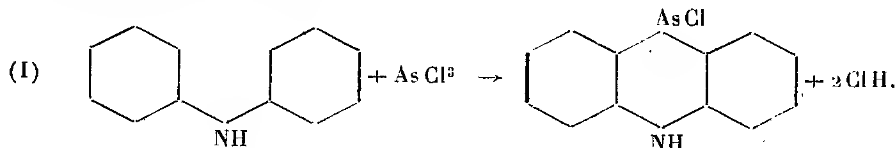
Ortho-éthylcyclopentanone bout à 160°-161° (corr.) sous 754^{mm} (à 54-55 sous 16^{mm}); sa semicarbazone fond à 187° avec décomposition (2).

Ortho-isopropylcyclopentanone bout à 174°; son oxime fond à 43° (3).

Ortho-phénylcyclopentanone est solide, P. F. à 126°-127°; son oxime fond à 146° (avec décomposition); sa semicarbazone fond à 228° (avec décomposition).

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'emploi de l'acide chlorhydrique liquide dans la préparation des dichlorarsines.* Note de M. **Firmin Govaert**, présentée par M. Marcel Delépine.

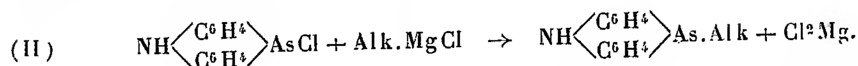
Pour l'obtention des dichlorarsines de formule générale Alk-AsCl^2 on utilise actuellement beaucoup la méthode de Gibson et Johnson (4), dont l'application est pour ainsi dire générale dans la série aliphatique. Cette méthode consiste à préparer tout d'abord la 10-chloro 5,10-dihydrophénarsazine par l'action du trichlorure d'arsenic sur la diphénylamine dans un dissolvant approprié.

(I) 

En faisant agir sur cette substance le dérivé organo-magnésien, qui ren-

(1) Bouveault, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 21, 1899, p. 1020.
(2) Hückel et Gelmroth, *Liebigs Annalen*, 514, 1934, p. 249.
(3) Vavon et Apchié, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 43, 1928, p. 667.
(4) *J. Chem. Soc.*, 1931, p. 2521.

ferme le radical dont on veut obtenir ultérieurement la combinaison arsénicale, on remplace l'atome de chlore par ce radical :



$$\text{(II)}\qquad NH\left\langle{C^6H^4 \atop C^6H^4}\right\rangle AsCl + Alk.MgCl \rightarrow NH\left\langle{C^6H^4 \atop C^6H^4}\right\rangle As.Alk + Cl^2Mg.$$

Ce produit est ensuite décomposé à la température de 120-130° (température à laquelle la plupart de ces dérivés sont liquides) par un courant d'acide chlorhydrique sec avec formation de chlorhydrate de diphénylamine et de la dichlorarsine.

Au cours d'une étude sur différents composés arsénicaux portant sur l'atome d'arsenic le groupement butylique tertiaire, nous avons également appliqué cette méthode de préparation des dichlorarsines. Toutefois, comme la 10.butyl-tertiaire-5,10.dihydrophénarsazine, que nous avons préparée, ne fond qu'à 165° et se décompose déjà fortement à cette température, nous ne pouvions obtenir par la méthode de destruction, que nous venons de voir, que des rendements encore plus médiocres que dans le cas d'autres dichlorarsines aliphatiques dont aucune préparation ne donne plus de 50 pour 100 de rendement. C'est pourquoi nous avons eu recours, dans cette préparation de la butyl-tertiaire dichlorarsine, à l'emploi de dissolvants.

1° *Essai dans la tétrahydronaphtaline.* — La tétraline dissolvant la butyl-tertiaire dihydrophénarsazine, nous pouvions soumettre cette solution à l'action de l'acide chlorhydrique gazeux à la température de 120°-130°. La distillation dans le vide du produit de la réaction nous fournit cependant une quantité de dichlorarsine trop faible pour que la méthode puisse être pratique.

2° *Essai dans l'éther.* — Le produit en solution dans l'éther, renfermant un fort excès d'acide chlorhydrique (trois fois la quantité théorique), est chauffé en tube scellé à 130°-135° pendant 2 heures. La quantité de dichlorarsine trouvée est minime. Un chauffage de 6 à 8 heures ne donne pas de meilleurs rendements.

3° *Essai dans l'anhydride sulfureux liquide.* — Dans l'espoir d'obtenir un meilleur résultat en opérant à température plus basse et dans un dissolvant ionisant, nous avons choisi l'anhydride sulfureux qui dissout assez bien l'acide chlorhydrique. La tertiaire-butyl-phénarsazine se dissout bien dans l'anhydride sulfureux liquide et le colore en rouge foncé. On introduit ensuite pendant 1 heure de l'acide chlorhydrique sec à la température de — 25°, ce qui provoque une décoloration complète de la solution. Après évaporation de l'anhydride sulfureux et extraction du produit solide, on

obtient une petite quantité de dichlorarsine. Comme dans les cas précédents, la réaction se produit, mais reste certainement fort incomplète.

4° *Essai dans l'acide chlorhydrique liquide.* — Finalement, nous avons fait réagir le produit arsenical directement sur l'acide chlorhydrique liquide et cet essai a été couronné de plein succès. La butyl-tertiaire-dihydrophénarsazine est introduite dans de l'acide chlorhydrique liquide absolument sec et maintenu à la température de — 85° à — 90°. Le produit se dissout et réagit instantanément, tandis que le liquide se colore légèrement en jaune. La solution est soumise à une agitation assez vigoureuse que l'on maintient pendant une dizaine de minutes. Ensuite, on laisse s'évaporer l'acide chlorhydrique. Le résidu est repris par du tétrachlorure de carbone. Le tout se dissout; mais dès que l'on chauffe faiblement ou après quelques heures de repos, il se produit un précipité blanc constitué par du chlorhydrate de diphénylmanine presque pur.

D'après l'équation (II), nous voyons qu'une molécule de ce sel correspond à la formation d'une molécule de la tertiaire-butyl-dichlorarsine. C'est ce que nous avons pu constater. Après évaporation du tétrachlorure de carbone, nous avons obtenu une quantité de dichlorarsine équivalente à la quantité de chlorhydrate de diphénylamine. L'arsine, distillée dans le vide, passe à la température de 61° sous 16^{mm} de pression.

Le rendement de la réaction atteint 78 à 82 pour 100. Les 20 pour 100 restant de la butyl-tertiaire-dihydrophénarsazine mise en œuvre ont été retrouvés sous forme d'un produit résultant d'une réaction fort curieuse. Ce produit est en effet la 10-chloro-5.10-dihydrophénarsazine. Nous pouvons donc remarquer que, sous l'action de l'acide chlorhydrique liquide, le radical butylique tertiaire, lié à l'atome d'arsenic, a par conséquent été remplacé par un atome de chlore.

De plus amples renseignements au sujet de cette réaction, ainsi que l'étude détaillée des composés arsénicaux que nous avons obtenus, paraîtront prochainement.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Diffraction des rayons* X *par l'atome d'argent* (*facteur de structure*). Note de M. **Jean Laval**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans la réflexion des rayons X par un cristal, un atome participe à l'onde réfléchie pour une amplitude qui est égale à f fois celle d'un électron occupant son centre. Le nombre f est appelé le facteur de structure de cet

atome. Il varie avec l'angle de rencontre θ et avec la longueur d'onde λ du rayonnement incident. Mais il n'est fonction que de $(\sin\theta/\lambda)$ sauf au voisinage des arêtes d'absorption.

Je me suis proposé de déterminer la variation avec $(\sin\theta/\lambda)$ du facteur de structure de l'atome d'argent. Cette étude est fondée sur la mesure absolue des énergies des rayons X qui sont réfléchis par une poudre cristalline.

Désignons par I l'énergie du faisceau incident, par i l'énergie réfléchie. La surface frappée par les rayons X est plane, l'angle de départ égal à l'angle de rencontre.

$$\frac{i}{\mathrm{I}} = n^2 \frac{e^4}{m^2 c^4} \frac{1+\cos^2 2\theta}{2\sin 2\theta} \lambda^3 \frac{pl}{16\pi r \mu \sin\theta} f\Phi \quad (^1),$$

où n est le nombre d'atomes par centimètre cube; e la charge en unité électrostatique de l'électron et m sa masse en gramme; c la vitesse en centimètres par seconde de la lumière dans le vide; p le nombre de plans qui participent à la réflexion; l la hauteur de la fente de la chambre d'ionisation; r la distance de cette fente à la poudre qui réfléchit; μ le coefficient d'absorption de celle-ci.

Φ est une fonction de la température absolue appelée facteur de l'agitation thermique des atomes. Ce facteur est déterminé par des théories de Debye (2) et de Waller (3). Le produit $\mathrm{F} = f\Phi$ est le facteur de structure atomique comprenant l'effet de l'agitation thermique.

Des mesures des énergies réfléchies par de la poudre d'argent ont déjà été faites par J. Brentano (4), A. Rusterholz (5) et Ludwik Chrobak (6). Toutes utilisent le rayonnement complexe d'un tube à rayons X (fond continu et raies propres de l'anticathode). Mais seule l'énergie d'un faisceau monochromatique peut être mesurée avec précision. J'ai obtenu un tel faisceau par la réflexion du rayonnement d'un tube à anticathode de molybdène sur la face 100 d'un cristal de chlorure de sodium. Il ne comprend que les raies $\mathrm{K}\alpha = 0^{\mathrm{A}},7078$ et $\mathrm{K}\alpha' = 0^{\mathrm{A}},7121$. La tension appliquée au tube est maintenue suffisamment basse pour que les effets de l'harmonique 2 soient négligeables. La chambre d'ionisation est remplie d'argon.

---

(1) COMPTON, *X-Rays and Electrons*, Londres, 1927, p. 131.
(2) *Ann. d. Physique*, 43, 1914, p. 49.
(3) *Proc. Roy. Soc. London*, 117, 1927, p. 214.
(4) *Phil. Mag.*, 6, 1928, p. 178.
(5) *Z. Physik*, 65, 1930, p. 226.
(6) *Z. für Kristallographie*, 84, 1933, p. 475.

Le dispositif électrométrique permet d'apprécier une énergie égale à la fraction $1/5 \times 10^7$ de celle du faisceau incident. Le coefficient d'absorption qui entre dans la formule a été déterminé sur une lame d'argent à faces parallèles de $0^{mm},3$ d'épaisseur. Le coefficient d'absorption massique trouvé est égal à 26,5.

Le tableau suivant donne en fonction de $(\sin\theta/\lambda)$ les valeurs de $F = f\Phi$ calculées d'après les mesures faites sur dix-neuf réflexions. Pendant ces mesures, la température de la poudre d'argent était égale à $288° \pm 3°$ abs.

Plans.	$\frac{\sin\theta}{\lambda}$.	F.	Plans.	$\frac{\sin\theta}{\lambda}$.	F.
111	0,212	$34,6_0$	220	0,693	$12,9_0$
100	0,245	$31,7_5$	531	0,725	$12,2_2$
110	0,347	$26,9_3$	221 et 300	0,736	$12,0_0$
311	0,406	$23,7_6$	310	0,775	$11,4_3$
222	0,424	$22,8_0$	533	0,804	$10,9_0$
200	0,491	$19,9_4$	622	0,814	$10,7_0$
331	0,535	$18,3_5$	444	0,848	$10,0_4$
210	0,548	$17,9_0$	551 et 711	0,875	$9,6_0$
211	0,600	$16,0_8$	320	0,884	$9,4_3$
333 et 511	0,637	$14,6_7$			

Ces nombres sont plus grands que ceux qui ont été obtenus par Ludwick Chroback (en comparant les énergies réfléchies par de la poudre d'argent à celles qui sont réfléchies par de la poudre de chlorure de sodium).

MINÉRALOGIE. — *Sur la formule chimique et la constitution de la sépiolite d'Ampandrandava.* Note (¹) de M. **Henri Longchambon.**

Nous discuterons cette formule en fonction des analyses chimiques très concordantes données par Mlle S. Caillère (²) et M. G. Migeon (³), ainsi qu'en fonction des propriétés physicochimiques de ce minéral que nous avons signalées antérieurement (⁴) et que nous compléterons ci-après.

I. En admettant l'hypothèse, que nous avons montré être très vrai-

(¹) Séance du 29 avril 1935.

(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 416.

(³) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 471.

(⁴) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 949 et 1331.

semblable, de l'existence de chaînes Si^4O^{11} comme élément fondamental de la structure de ce minéral, et en cherchant à exprimer les résultats d'analyse en fonction de cet élément, on obtient les rapports suivants : Pour $(Si + Al) = 4$, $Mg + Fe + Ca = 2{,}58$. Il faut faire appel à $H^2O = 0{,}42$ pour constituer un groupement neutre de formule

$$S = Si^4O^{11}(Mg + Fe + Ca)^{2,58}(H^2)^{0,42}$$

dont le poids moléculaire est $S = 360$.

Nous poserons $S' = S - 0{,}42\,H^2O = 352$ représentant le poids après complète déshydratation ou résidu sec d'une molécule-gramme S et nous aurons les rapports

$$\frac{H^2O}{S'} = 0{,}0511 \qquad \text{et} \qquad 0{,}42\,\frac{H^2O}{S'} = 0{,}0215.$$

II. Nous avons décrit antérieurement les discontinuités caractéristiques de la déshydratation de ce minéral. Les résultats de cette étude peuvent s'énoncer sous la forme suivante : *les teneurs en eau étant exprimées par rapport au poids du résidu sec à* 1000°.

La teneur en eau d'une sépiolite I naturelle (stade A) est de 0,23 à 0,25 pouvant être portée à 0,45 par séjour dans l'atmosphère saturée à 15°. Après départ de la partie très labile de l'eau zéolitique (stade C) dont la limite est très imprécise à partir d'une sépiolite naturelle, plus précise à partir d'une sépiolite I déshydratée et réhydratée, la teneur est de 0,095 à 0,110. Après départ de la seconde partie de l'eau zéolitique (stade D), la teneur est de 0,073. C'est la teneur minimum, assez précise, compatible avec la structure de la sépiolite I.

Après transformation en sépiolite II (stade E) la teneur est de 0,039 à 0,042. Lorsque débute la dernière discontinuité de déshydratation (stade F), correspondant à la destruction du réseau, la teneur est de 0,021 à 0,023. C'est le minimum compatible avec la structure de la sépiolite II.

III. La comparaison des paragraphes I et II montre immédiatement que la composition chimique de ce minéral aux divers stades de discontinuité de sa teneur en eau peut être exprimée par les formules suivantes :

Stade F.	Stade E.	Stade D.	Stade C.	Stade A.
S	S. 0,3 à 0,4 H^2O	S. 1 H^2O	S. 1,6 à 1,8 H^2O	S. 4,2 à 4,5 H^2O

et l'on peut interpréter de la façon suivante l'ensemble des faits expérimentaux établis avec ce minéral :

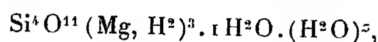
La sépiolite I d'Ampandrandava est un édifice atomique régulier, constitué par des chaînes silicium-oxygène ininterrompues, alignées suivant la direction de fibre, reliées latéralement par des ions Mg, H et OH, la composition moyenne de ces alignements étant $Si^4O^{11}Mg^{2,58}H^{0,84}$, $1H^2O$.

Si l'on oblige cet édifice à une perte d'eau supplémentaire (si l'on détruit l'hydrate S. $1H^2O$) on l'oblige à se modifier par rapprochement latéral des chaînes Si^4O^{11}, et il donne après cette contraction un nouvel édifice régulier, qui est celui de la sépiolite II, formé de chaînes de composition moyenne $Si^4O^{11}Mg^{2,58}H^{0,84}$. Si l'on provoque une nouvelle perte d'eau, il y a destruction de ces chaînes et départ de l'eau qui contribuait à leur constitution.

L'édifice de la sépiolite I se prête en outre, sans déformation très sensible, à l'absorption et la perte réversibles d'eau zéolitique portant la composition moyenne à S. $1,7H^2O$. Il peut absorber ou adsorber (voir ci-dessous) une quantité d'eau supplémentaire portant la composition à S. $4,7H^2O$ et au delà.

L'édifice de la sépiolite II n'a pas cette propriété. Il est toutefois compatible, lors de sa formation, avec une teneur en eau portant la composition à S. $0,4H^2O$.

En résumé, nous proposons pour ce minéral la formule S. $1H^2O.(H^2O)^z$, correspondant pour l'espèce à la formule théorique



$$Si^4O^{11}(Mg, H^2)^3.1H^2O.(H^2O)^z,$$

comme rendant compte à la fois de la composition chimique, des particularités cristallographiques, des propriétés physico-chimiques établies à ce jour, le terme $(H^2O)^z$ représentant de l'eau à caractère zéolitique. Nous proposons de ranger cette sépiolite dans le groupe des amphiboles.

IV. Une détermination des dimensions de la maille cristalline ayant été avancée pour les réseaux des sépiolites I et II, il est intéressant de comparer aux volumes de ces mailles les volumes moléculaires du contenu. Toutefois le calcul nécessite que l'on envisage diverses hypothèses en ce qui concerne en particulier le *mode de fixation* de l'eau à caractère zéolitique, les relations de cette dernière avec le réseau cristallin. Nous exposerons dans un autre Recueil la discussion de ce problème qui ne donne pas de réponse péremptoire et pose sous un jour nouveau la question maintes fois discutée du rôle de l'eau zéolitique très labile (eau partant à 110°). D'une part les résultats expérimentaux incitent à admettre une structure à 8 molécules par maille pour la sépiolite II ainsi que pour la sépiolite I

jusqu'à une teneur de 1,5 à 1,6 H^2O, la partie très labile de l'eau zéolitique n'ayant pas place dans le réseau, étant une eau *de texture* et non *de structure*. D'autre part, en accord avec les faits expérimentaux, nous persistons à considérer cette teneur élevée en eau très labile comme caractéristique des sépiolites, comme étant en relation avec leur constitution. Des recherches expérimentales nouvelles sont nécessaires pour interpréter et concilier ces résultats.

MINÉRALOGIE. — *Sur la disposition des faces des trièdres obtenus par corrosion d'une lame de quartz.* Note de MM. **Jean Eck** et **Jean Menabrea**, présentée par M. Armand de Gramont.

Les figures obtenues au moyen de lames de quartz perpendiculaires à l'axe optique après corrosion dans l'acide fluorhydrique, ont été observées et décrites par M. Armand de Gramont (1) : il a mis en relief la dépendance étroite qui existe entre ces figures et la structure de la lame corrodée. On sait que celle-ci présente au microscope une série de pyramides triangulaires saillantes régulièrement alignées, dont la hauteur est parallèle à l'axe optique; elles ont pour base des triangles équilatéraux qui permettent de repérer la direction et le sens des axes électriques de la lame.

Nous avons eu à mesurer l'angle que font les faces de ces pyramides avec un plan perpendiculaire à l'axe optique. Pour observer commodément les images de corrosion, il suffit de disposer la lame corrodée sur une face et polie sur l'autre devant un faisceau lumineux parallèle et normal au plan de la lame. Une lentille convergente appliquée contre la lame forme l'image de corrosion sur un verre dépoli.

Si l'attaque à l'acide donnait des pyramides parfaites et suffisamment grandes, la figure de corrosion se réduirait à trois points formant un triangle équilatéral.

En réalité, on observe toujours trois taches lumineuses allongées, car les faces des pyramides forment autant de petites fentes diffractantes. En pointant les milieux des taches lumineuses et en assimilant les pyramides à trois dièdres décalés de 120°, on peut évaluer l'angle de ces dièdres avec une errreur qui ne dépasse guère 1° : avec des échantillons de quartz différents et pour des attaques de durée très variable (de 9 à 117 heures), nous

(1) *Revue d'Optique th. et inst.*, 10, 1931, 213.

avons trouvé des valeurs très voisines de 29° (dans la plupart des mesures, l'angle était compris entre 28°50′ et 29°15′).

Devant la constance de ce résultat, nous avons pensé qu'il existait peut-être une relation entre les pyramides de corrosion et la structure du quartz telle que l'ont décrite Bragg et Gibbs. Selon ces auteurs, les particules SiO^2 seraient disposées autour d'axes hélicoïdaux; après s'être élevé de trois marches, on a fait un tour complet et l'on retrouve une particule superposée à la première. La distance c des particules superposables est égale à $5,38.10^{-8}$ cm. Dans un cristal de quartz, il y a une infinité d'axes ternaires hélicoïdaux; leurs points d'intersection avec un plan perpendiculaire forment un réseau de triangles équilatéraux dont le côté a est égal à $4,89.10^{-8}$ cm.

Or l'angle de 29° que nous trouvons comme angle à la base des pyramides de corrosion a pour tangente 0,554.

Si nous considérons maintenant le rapport $c/2a$, nous constatons que ce rapport est égal à 0,5501. Il est la tangente d'un angle de 20°49′.

Il semble donc que la formation des pyramides de corrosion dépend de l'arrangement réticulaire du quartz, les faces de ces pyramides étant précisément caractérisées par le rapport $c/2a$.

Cette hypothèse a d'ailleurs reçu une confirmation. Nous avons taillé une série de lames de quartz d'orientation différente, mais orthogonales à un plan défini par l'axe optique et un axe électrique; après attaque à l'acide fluorhydrique, ces lames présentent au microscope un aspect caractéristique et d'ailleurs différent sur les deux faces.

Si la coupe fait un angle de 29° avec le plan perpendiculaire à l'axe optique, la face regardant l'extrémité négative de l'axe électrique semble au microscope presque entièrement plane; à peine y distingue-t-on quelques sillons peu accusés et irrégulièrement distribués.

Or cette face est précisément parallèle à une série de faces des pyramides de corrosion.

De plus, cette lame, attaquée seulement du côté de la face négative, ne donne pas d'image de corrosion. En observant une source ponctuelle, on aperçoit simplement une petite tache circulaire comme si l'on regardait la source à travers un verre légèrement dépoli. Toutes les autres coupes fournissent par contre des figures présentant des triangles ou des traînées lumineuses.

GÉOLOGIE. — *Une nouvelle faune de Goniatites dans le Viséen de la Montagne-Noire.* Note (¹) de MM. **Joseph Blayac, Rodolphe Böhm** et **Gaston Delépine**, transmise par M. Charles Jacob.

Dans l'aire synclinale qui constitue la moitié orientale du versant sud de la Montagne-Noire, le Carbonifère marin occupe une grande place alors qu'il est inconnu ailleurs sur les deux versants. Il s'y trouve sous des faciès presque identiques à ceux des subdivisions des autres terrains primaires en contact avec lui (voir *Carte géologique*, Feuille de Bédarieux). Aussi la confusion règne encore dans la part à attribuer à chacune des formations.

Les découvertes paléontologiques comme celle que nous allons signaler ici apportent peu à peu quelque lumière à la géologie si compliquée de cette région. Nous avons naguère prouvé [2] que la faune de Goniatites de l'horizon à lydiennes et à nodules phosphatés, extrême base du Carbonifère de la Montagne-Noire, nous obligeait à ranger ce niveau dans le Viséen tout à fait inférieur et non dans le Tournaisien comme on le croyait. L'un de nous (R. B.) vient de trouver une autre faune de Goniatites viséennes dans un calcaire qui se superpose en concordance aux lydiennes.

Sur ces dernières sont des schistes qui, par endroits, passent latéralement au contact même des lydiennes à un calcaire souvent noduleux, marmoréen, depuis longtemps l'objet de notre attention. De Rouville et Bergeron en avaient noté la présence d'un bel affleurement au Pic de Bissous près Cabrières, où il est connu sous le nom de « Calcaire à colonnes » en raison des rigoles profondes que les eaux de ruissellement y ont creusées. Aucun fossile déterminable n'y est indiqué.

C'est dans un lambeau de ce même calcaire qu'a été trouvée, près de Faugères (Hérault), au Sud de Bédarieux, la nouvelle faune de Goniatites qui est d'un Viséen un peu moins ancien que celle des lydiennes. Le calcaire de Faugères est directement superposé à l'horizon des lydiennes à nodules en un synclinal plissé.

Cette faune se compose de Goniatites des genres *Pericyclus*, *Merocanites*, *Beyrichoceras* et *Goniatites* Haan, de quelques *Orthocères* et de fragments d'*Encrines*. *Pericyclus* est représenté par *P. Kochi* Holzapfel, *P. Hauche-*

(¹) Séance du 29 avril 1935.
(²) J. Blayac, R. Böhm, G. Delépine, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 476.

cornei Holz. (rare), *P. virgatus* de Kon. (rare); ces trois espèces sont signalées par les auteurs allemands dans la zone II du Viséen inférieur des calcaires d'Erdbach-Breitscheid et dans le Viséen d'Urdos (¹) (Pyrénées espagnoles).

Merocanites applanatus Frech, commun à Faugères, est connu dans le Viséen rhénan (zone II), en Irlande, dans l'île de Man, à Cabrières (sous le nom de *Goniatites Henslowi* Sow.), dans les Pyrénées espagnoles, etc.

Trois espèces de *Beyrichoceras* s'y trouvent en plusieurs exemplaires. *B.* cf. *Barroisi* Holz., du calcaire d'Erdbach, *B.* cf. *implicatum* Phill., *B.* cf. *micronotum* Phill. qui n'est autre que la forme désignée par Holzapfel sous le nom de *Glyphioceras micronotum* du calcaire d'Erdbach. Ces deux dernières espèces sont voisines de celles du calcaire viséen de Pendleside (Angleterre), équivalent de la zone à *Productus undatus* du Nord de la France.

Citons enfin cinq échantillons d'une nouvelle espèce du genre *Goniatite* Haan qui s'y rattachent par leur ligne de suture. Ce genre est cantonné dans le Viséen supérieur, sauf *G. antiquatus* Bisat du Nord de l'Angleterre.

Observons que : 1° la faune du calcaire de Faugères n'est point connue ailleurs en France; 2° on n'y trouve pas les espèces à affinités tournaisiennes *Pericyclus fasciculatus* M'Coy et *Aganides ornatissimus* de Kon. assez communs dans les lydiennes; 3° les trois espèces de *Pericyclus* et celle de *Merocanites* ne sont connues ailleurs que dans le Viséen; 4° la présence de *Beyrichoceras* voisins de formes d'un Viséen assez élevé et celle de *Goniatites* Haan donnent à notre faune un caractère de Viséen moins ancien que celui des lydiennes; 5° cette faune est d'un niveau moyen du Viséen comme l'horizon S d'Angleterre ou la dolomie de Namur et le calcaire de Namèche à *Productus cora* de l'Ardenne. Mais aucune faune de Goniatites n'est encore connue de tous ces niveaux tandis que le calcaire d'Erdbach (²), en Hesse-Nassau, renferme à peu près toutes les espèces de Fougères.

(¹) H. Schmidt, *Abhandl. Ges. Wissensch.*, Göttingen, III, H. 5, 1931, p. 981.

(²) Holzapfel, *Paläont. Abhandl.*, N. F., 1, H. 1, 1889, p. 35-37.

GÉOLOGIE. — *Étude géologique et magnétique de la falaise de la Mandraka (Madagascar).* Note (¹) de MM. **H. Besairie, P. Gruyelle, A. Lenoble** et **A. Savornin**, transmise par M. Charles Jacob.

La falaise de la Mandraka fait partie de la grande *cuesta* de l'Est de Madagascar. La question se pose de savoir si cette *cuesta* est due à l'érosion ou si elle est d'origine tectonique. L'étude géologique de la Mandraka a révélé la présence d'une série gneissique uniforme renfermant trois bancs principaux de quartzite à magnétite avec des variations de pendage allant de la subverticalité, à l'Ouest et à l'Est, à 25° dans la partie médiane où une faille sans grande importance a été reconnue au km 73 du chemin de fer.

Cette faille ne paraît jouer aucun rôle dans la formation de la falaise. Les éléments du champ magnétique ont été mesurés en janvier 1935 en 13 stations s'échelonnant le long de la route. Voici les résultats :

Station 00. — Km 57,810. Latérite recouvrant des gneiss avec quartzites à magnétite. A 10^m à l'Est de la station la déclinaison est de 10°, 22 W.

$D = 9°,41$ W le 30 à $17^h 45^m$, $H = 0,20512$ le 30 à $17^h 45^m$,
$I = 54°,20$ S le 30 à 17^h, $Z = 0,28720$.

Station 0. — Villa Magloire, en dehors de la route. Latérite recouvrant la zone principale des quartzites à magnétite exploités un peu plus au Sud.

$D = 9°,09$ W le 30 à 15^h, $H = 0,21073$ le 30 à $15^h 20^m$,
$I = 52°,43$ S le 30 à $15^h 20^m$, $Z = 0,27678$.

Station 1. — Km 63,270. Gneiss altérés.

$D = 8°,40$ W le 28 à $16^h 40^m$, $H = 0,20756$ le 28 à $17^h 15^m$,
$I = 53°,31$ S le 30 à $12^h 30^m$, $Z = 0,28068$.

Station 2. — Km 66,630. Latérite sur gneiss à bancs de quartzites à magnétite. Le sol est recouvert d'une fine poussière riche en magnétite.

$D = 9°,18$ W le 29 à $7^h 45^m$, $H = 0,21372$ le 29 à $8^h 15^m$,
$I = 53°,28$ S le 29 à 7^h, $Z = 0,28848$.

Station 2a. — Km 68,885. Latérite sur gneiss à une trentaine de mètres à l'Ouest de la faille.

$D = 8°,40$ W le 30 à $11^h 15^m$, $H = 0,21158$ le 30 à $11^h 15^m$,
$I = 52°,55$ S le 30 à $11^h 15^m$. $Z = 0,27993$.

(¹) Séance du 15 avril 1935.

Station 3. — Km 70,290. Latérite sur gneiss.

D = 8°,28 W le 30 à 8^h H = 0,21183 le 30 à 8^h 30,
I = 52°,44 S le 28 à 16^h 5^m, Z = 0,27840.

Station 4. — Km 70,998. Gneiss altérés. Au voisinage du massif granitique de l'Angavo.

D = 8°,21 W le 20 à 17^h 15^m, H = 0,20600 le 29 à 18^h 10^m,
I = 53°,43 S le 30 à 9^h 40^m, Z = 0,28060.

Station 5. — Km 71,750. Alluvions sur latérite et gneiss.

D = 9°,28 W le 29 à 7^h 35^m, H = 0,21014 le 29 à 8^h 10^m,
I = 53°,25 S le 29 à 18^h 5^m, Z = 0,28313.

Station 6. — Km 73 à 15^m à l'Est de la borne kilométrique sur une petite terrasse de latérite recouvrant des gneiss et des quartzites à magnétite.

D = 8°,34 W le 29 à 9^h, H = 0,21400 le 29 à 9^h 40^m.
I = 53°,25 S le 28 à 18^h, Z = 0,28832.

Station 7. — Km. 76,600 sur une petite terrasse de latérite recouvrant des gneiss à 12^m de la borne et à 1^m du sentier menant au village.

D = 9°,13 W le 29 à 10^h 30^m, H = 0,21148 le 29 à 11^h 10^m,
I = 53°,19 S le 29 à 14^h 25^m, Z = 0,28390.

Station 8. — Km. 78 Digue sur alluvions reposant sur des gneiss.

D = 9°,13 W le 29 à 10^h 45^m, H = 0,21006 le 29 à 11^h 15^m,
I = 53°,26 S le 29 à 15^h 45^m, Z = 0,28319.

Station 9. — Ilot dans les rizières près du pont d'Anjiro. Alluvions.

D = 8°,38 W le 29 à 10^h 45^m, H = 0,21013 le 29 à 11^h 15^m,
I = 53°,32 S le 29 à 12^h, Z = 0,28432.

Station 10. — A 50^m au nord de la borne kilométrique 83 latérite sur gneiss à magnétite.

D = 8°,44 W le 30 à 8^h 07^m, H = 0,20966 le 30 à 8^h 40^m,
I = 53°,25 S le 30 à 10^h 30^m, Z = 0,28248.

Le graphique des résultats montre nettement que les anomalies de H et de Z correspondent d'abord aux quartzites à magnétite et ensuite à la faille de la station 2*a*. Si la falaise avait une origine tectonique, la fracture se placerait sensiblement au voisinage de la station 5 qui est à la base de la

falaise. Or en ce lieu, il n'existe pas d'anomalie appréciable sauf une valeur un peu forte de la déclinaison.

L'étude géologique et magnétique de la falaise de la Mandraka amène donc à lui attribuer comme origine des phénomènes d'érosion.

HYDROLOGIE. — *Les caractères généraux de la marche des niveaux (ou des débits).* Note de M. V. **Frolow**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Les observations des niveaux (ou des débits) des cours d'eau (82 stations), répartis dans les deux hémisphères et dans des régions aussi variées que le bassin parisien (la Seine), le Turkestan (le Syr Daria), l'Amérique centrale (le Chagres river), la plaine russe (l'Oka), l'État d'Ohio (le Miami river), le Soudan français (le Niger), la forêt équatoriale (le Haut-Congo), etc., ont été analysées selon la méthode de M. H. Labrouste.

Cette Note a pour but de réunir, à titre de première indication, les déductions générales, présentant l'ébauche d'une vue d'ensemble du phénomène potamologique considéré sous un angle nouveau.

Il résulte de la comparaison des graphiques, obtenus par l'analyse harmonique, que les caractères communs aux différentes séries sont les suivants :

1° *Unicité de l'ensemble des composantes.* — Les différentes périodes sont sensiblement les mêmes pour les séries analysées. Cependant, la longueur de période subit, entre les séries et à l'intérieur d'une même série, une certaine variation autour d'une valeur moyenne, ce qui peut dépendre du fait d'une double origine des eaux, qui viennent soit par ruissellement, soit par le sous-sol. Les périodes actuellement reconnues, à partir des moyennes mensuelles, ont une longueur moyenne de 3, 4, 6, 8, 12, 18, 30 mois et de 4, 6, 11, 22, 30 et 45 ans.

2° *Variabilité de la phase.* — Aucune des composantes ne présente une continuité constante de phase. En dehors de la variation signalée plus haut, on observe des changements de phase qui se produisent lorsque l'intensité de la composante affectée est faible. On est en présence d'une succession de régimes différents et qui s'établissent brusquement.

3° *Variation de l'amplitude.* — Les composantes forment ainsi des trains d'ondes comprenant un nombre différent de périodes entières et pour lesquelles la loi de variation de l'élongation n'est pas toujours la même. En règle générale, les différents trains sont symétriques par rapport à l'élon-

gation maximum. On observe aussi des chevauchements de trains. La part revenant aux différentes composantes dans la formation de la cote observée est extrêmement variable d'un cours d'eau à un autre. Il est donc possible de dire qu'il n'existe pas de composante universellement prépondérante. Toutefois, les périodes plus longues que 30 mois sont, en général, les moins importantes.

4° *Indépendance des composantes.* — Les changements de phase signalés (2°) se produisent d'une façon indépendante pour chacune des composantes. De même, dans la majorité des cas, les trains de différentes périodes se produisent d'une façon indépendante. Les coïncidences des amplitudes maxima ne s'observent qu'exceptionnellement et seulement pour certains trains de quelques-unes des composantes.

5° *Propagation des composantes.* — L'étude de l'ensemble des données d'une région révèle que les différents trains s'observent aux différentes stations avec un décalage dans le temps, mais avec les mêmes dispositions générales. Il semble possible d'en conclure que les composantes progressent à la surface du globe. Leurs vitesses de propagation ne sont pas identiques, ce qui dans certains cas particuliers peut conduire à la superposition, dans certains endroits privilégiés, des maxima des trains appartenant à quelques composantes, comme cela est signalé plus haut (4°). Pour les régions étudiées, les trajectoires sont approximativement les mêmes, mais une généralisation de cette règle serait prématurée.

Conclusion. — Il se dégage de l'ensemble des analyses, que le phénomène de la variation du niveau (ou de débit) d'un cours d'eau est le résultat d'interférence de variations périodiques élémentaires indépendantes, les mêmes pour l'ensemble des stations, mais arrivant à une station déterminée avec une différence de phase, qui est fonction de la trajectoire parcourue et de la vitesse propre à la composante. De plus, la valeur relative de l'amplitude des différentes composantes subit une variation, fonction des coordonnées géographiques, dont les lois ne sont pas encore dégagées. En résumé, on peut dire qu'une station est définie, au point de vue potamologique, lorsque l'on donne la valeur de l'amplitude totale des niveaux (ou des débits), ainsi que la phase et l'importance relative de chacune des composantes, dont l'ensemble est partout le même.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles observations sur l'évolution des plastes amylogènes dans les cellules à réserves d'amidon.* Note de M. **Albert Maige**, présentée par M. Marin Molliard.

On sait que l'évolution complète des cellules à réserves d'amidon comprend généralement deux périodes, l'une de synthèse pendant laquelle se développent des plastes amylifères plus ou moins volumineux, l'autre d'hydrolyse caractérisée par la digestion des précédents et l'apparition de plastes amylifères uni- ou pluriloculaires de nouvelle formation venant de plastes auparavant inactifs.

J'ai signalé antérieurement, dans des cotylédons des légumineuses, l'aspect particulier pendant le début du développement, des plastes amylifères dont le contour est très irrégulier avec des dépressions et des bosses.

C'est sans doute cette forme irrégulière des grains jeunes, que l'on aperçoit d'ailleurs parfois sur le grain complètement développé au centre des couches annulaires d'accroissement, qui a donné lieu à cette interprétation de Schimper, suivant laquelle les grains d'amidon des légumineuses présentent pendant la période de synthèse des aspects de corrosion amylasique, ce qui rendrait nettement visible le dépôt ultérieur de nouvelles couches amylacées, et démontrerait d'une manière péremptoire la croissance du grain d'amidon par apposition. En réalité il n'y a jamais de digestion amylasique, l'examen attentif du développement auquel j'ai procédé chez le Haricot, le Pois et la Fève, montre que la croissance du grain d'amidon est *continue* dans les cotylédons, et que le passage à l'hydrolyse, à quelque moment du développement qu'il survienne est *irréversible*.

J'ai signalé aussi, à la fin de la synthèse, l'apparition dans les cotylédons de plastes tardifs uniloculaires ou pluriloculaires (Haricot, Pois à grain rond, Pois à grain ridé, etc.), et chez le Pois à grain ridé la réaction pluriloculaire des plastes primitifs dans les graines à évolution amylogène raccourcie.

On observe des faits analogues dans les tubercules et les bulbes : dans les cellules du tubercule de Pomme de terre, la réaction amylogène pendant l'hydrolyse est à la fois uni- et pluriloculaire; les plastes pluriloculaires peuvent se manifester dès l'origine sous cette forme, ou provenir de l'évolution de plastes uniloculaires. Cette réaction, ainsi que le verdissement à la lumière, se produisent dans des conditions qui varient beaucoup d'un tubercule à l'autre, et entre les cellules d'un même tubercule,

de sorte qu'il est possible de distinguer, dans une même cellule, groupés de manières diverses, un ou plusieurs des cinq types de plastes suivants : 1° des gros plastes amylifères primitifs dont l'écorce plastidale est restée incolore; chez quelques-uns, rares d'ailleurs, la calotte a produit, vers la fin de la synthèse, un petit grain d'amidon qui coiffe le grain primitif, ou pendant l'hydrolyse une rangée d'un ou plusieurs petits grains d'amidon; 2° des gros plastes amylifères primitifs avec une calotte verte qui tend à s'étendre tout autour du grain; 3° des plastes secondaires uni- ou pluriloculaires incolores ou verdissants; 4° des chloroplastes apparaissant immédiatement verts sans phase amylogène; 5° des grains d'amidon dont la paroi plastidale a disparu et qui présentent une digestion interne, marquée par des fentes radiales profondes donnant au grain un aspect craquelé, et par une coloration intérieure par l'iode très hétérogène.

Dans les écailles des bulbes de Jacinthe on observe également sur certains plastes, vers la fin de la synthèse, la formation par la calotte d'un petit grain coiffant le gros grain primitif, et, pendant la période d'hydrolyse, la production de plastes amylifères secondaires uniloculaires ou pluriloculaires, ainsi que le bourgeonnement pluriloculaire de la calōtte de quelques anciens plastes. Dans les tubercules de Ficaire, il n'apparaît pas pendant l'hydrolyse de plastes amylogènes secondaires, mais, en réalité, le phénomène est masqué par ce fait que le seuil de condensation de ces plastes est toujours supérieur au taux de sucre de la cellule. Si l'on place en effet les tubercules sectionnés, prélevés au début du développement printanier de la plante, sur une solution de glucose à 5 pour 100, on provoque la réaction amylogène uni- ou pluriloculaire des plastes précités.

Comment expliquer cette évolution des cellules à réserves amylacées?

Le passage de la synthèse à l'hydrolyse, qui s'effectue simultanément pour tous les plastes amylifères, dans des organes volumineux comme les cotylédons de Haricot et les tubercules de Pomme de terre, ne peut se comprendre, comme je l'ai déjà fait remarquer, que par une variation générale, d'ordre physicochimique, du cytoplasme des cellules, à laquelle correspond une prédominance de l'action amylasique. Il est naturel, étant donné l'importance de l'imbibition dans l'amylogénèse, de supposer que cette variation cytoplasmique se traduit par un accroissement du pouvoir imbibitif des plastes vis-à-vis de celui du cytoplasme, et par suite par une augmentation de leur imbibition, modification qui se manifeste, pendant l'hydrolyse, dans les cotylédons des légumineuses et dans les tubercules et bulbes précités, par le déclenchement uniloculaire ou pluriloculaire des

plastes auparavant inactifs et la réaction pluriloculaire plus ou moins fréquente des plastes primitifs. C'est également à une modification imbibitive analogue se produisant pendant la synthèse, qu'il faut sans doute attribuer la réaction pluriloculaire des anciens plastes amylifères du Pois à grain ridé dans les graines à évolution amylifère raccourcie, le déclenchement des plastes amylogènes tardifs dans les cotylédons de diverses légumineuses (Haricot, Pois, Fève, etc.), et la réaction de la calotte plastidale en un petit grain coiffant le grain primitif dans les tubercules de Pomme de terre et bulbes de Jacinthe qui sont toutes formations homologues.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations protoplasmatiques vitales sur* Basidiobolus ranarum *Eidam.* Note de MM. **Wladyslaw Antoni Becker** et **François-Xavier Skupienski**, présentée par M. Marin Molliard.

Basidiobolus ranarum constitue un des meilleurs objets pour les recherches cytologiques. Étudié par de nombreux cytologistes, ce champignon n'a pas été néanmoins suffisamment exploité. La Note actuelle a pour but de démontrer le comportement de *Basidiobolus* en présence de certains colorants vitaux, tels que le rouge neutre, le bleu de méthylène et le bleu de crésyle.

Nous cultivions ce champignon sur la gélose au moût de bière à 4 pour 100 ou directement dans la solution du moût de bière à différentes concentrations suivant la méthode de Skupienski et de Guilliermond. Pour observer les effets des colorants vitaux, nous les ajoutions aux milieux solides ou liquides de cultures en rapport de 1/5000e ou 1/10000e dans lesquels nous introduisions ensuite les fragments d'hyphes du champignon en question. Sur ou dans les milieux ainsi colorés et préalablement stérilisés, *Basidiobolus* prend toujours un très bon développement qui ne cède en rien au développement du même champignon dans le milieu non coloré. Mais toujours et en présence de tous les colorants les hyphes, malgré leur bon développement, restent incolores. Nous avons trouvé l'explication de ce fait dans la définition du pH du milieu des cultures. La solution du moût de bière à 2 pour 100 complètement neutre avant l'introduction du champignon, devient acide sous l'influence du champignon en évolution. Au bout de 3 mois le pH des milieux de cultures est arrivé à 5,24. Nous considérons que c'est grâce à cette acidité naissante que le champignon reste incolore dans les milieux colorés par les trois colorants vitaux en question.

D'une façon analogue le champignon se comporte, pendant la coloration *in vitro*, en microcultures. Cette méthode nous a permis de faire quelques curieuses observations du domaine de la théorie des colorations vitales. Elle consiste dans l'introduction d'un fragment d'hyphe, pris du bord même de la colonie en évolution sur le milieu solide non coloré, dans une goutte d'eau montée sur un verre porte-objet colorée avec le rouge neutre et couverte avec un verre couvre-objet, supporté par 4 boules de cire stérilisées. Nous avons utilisé l'eau de robinet, car dans l'eau distillée les cellules éclatent vite (voir Ulehla et Morawek). Sous l'influence d'une plus forte concentration du colorant et probablement du stimulant traumatique, un certain nombre de cellules se colorent vitalement; ce sont les vacuoles, les granulations protoplasmatiques et parfois les membranes qui se colorent. De pareilles cellules traitées préalablement à l'eau peptonée à 1 pour 100, furent observées directement sous le microscope. Après quelques instants de repos les cellules terminales de mycélium transportées ont repris leur vie normale. Mais de pareilles cellules avant d'entrer en activité subissent préalablement une décoloration complète.

Les étapes progressives de cette décoloration sont extrêmement caractéristiques : ce sont tout d'abord les vacuoles, colorées avec le rouge neutre en rouge qui se décolorent, mais les granulations cytoplasmatiques, qui les entourent, se colorent à leur tour. Parfois une coloration rose apparaît dans le cytoplasme, mais elle dure habituellement très peu de temps. Finalement le colorant disparaît complètement du territoire cytoplasmatique où il se localise dans la membrane. Après la décoloration la cellule commence à croître vite et tout le cytoplasma avec le noyau se porte à son sommet et se sépare de la partie vide du mycélium par une paroi transversale.

Pendant l'observation, durant six heures, certaines cellules ont sextuplé leur longueur, en fournissant de quatre à cinq cellules très pauvres en cytoplasme.

Les cellules dont les vacuoles et les granulations cytoplasmatiques n'ont pas subi de décoloration et se maintiennent à la vie ne manifestent en échange aucun pouvoir d'accroissement. Pendant la formation des parois transversales, au moment de la séparation de la masse protoplasmatique terminale, nous pouvions observer plusieurs fois la coloration, avec le rouge neutre, de la couche protoplasmique, accolée à la paroi naissante (Becker, Weber).

Nous pouvions constater également des cas curieux de la coloration de

noyaux, c'est surtout le nucléole (caryosome) qui prend la coloration intense. Cette coloration est également réversible et disparaît au bout d'un certain temps. Les cellules possédant les noyaux ainsi décolorés, croissent énergiquement et forment une suite de chambres *vides* Mais il arrive souvent que le noyau ne se décolore pas définitivement : le caryosome se colore et se décolore consécutivement. Dans des cas pareils le contenu protoplasmique s'accumule dans le sommet du mycélium et délimite une série de cellules *vides*, mais jamais nous n'avons pu observer ici un accroissement du mycélium.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variation de la vitesse de croissance, de la respiration du* Sterigmatocystis nigra *et du rendement énergétique brut, en fonction de l'âge des cultures et de la source azotée.* Note [1] de MM. **Robert Bonnet** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Marin Molliard.

Quelques auteurs avaient signalé que la substitution d'un nitrate à un sel d'ammonium, comme source azotée d'un liquide nutritif sucré, retardait la vitesse de croissance des moisissures et diminuait le coefficient d'utilisation du glucose [2] tout en augmentant l'intensité respiratoire [3]. Nous avons retrouvé ces faits en les transportant dans le domaine énergétique. Le tableau suivant donne les résultats de quelques expériences portant sur le développement du *Sterigmatocystis nigra*.

Nature du milieu T. 37° [4].	Durée (heures).	Poids myc. sec.	CO^2 total dégagé.	CO^2 par g. de myc. sec.	R. E. brut.
+ $SO^4(NH^4)^2$.....	48h	1,9332 g	2,6420 g	1,366 g	0,59
+ »	48	2,1163	3,4603	1,635	0,58
+ NO^3K.........	65	1,6334	4,7581	2,913	0,36
+ »	75	2,2236	5,8403	2,626	0,41

Terroine et Wurmser expliquaient la diminution du rendement matériel en se basant sur le fait que, dans les principales combinaisons de la matière vivante, l'azote se présente sous forme aminée et qu'il y avait par là même

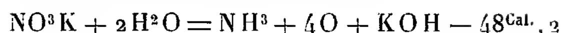
(1) Séance du 29 avril 1935.

(2) Terroine et Wurmser, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 4, 1922, p. 519-567.

(3) M. Molliard, *Rev. gén. Botan.*, 35, 1923, p. 6-23.

(4) Cultures de 100^{cm^3} contenant chacune 3^g glucose et liquide de Czapek.

nécessité d'une réduction des nitrates suivants :



$$NO^3K + 2H^2O = NH^3 + 4O + KOH - 48^{Cal.},2$$

qui n'avait pas lieu dans le cas des dérivés ammoniacaux. A nos yeux les différences de respiration et par la même du R.E., que nous citons dans le tableau précédent sont trop grandes pour être entièrement expliquées par la seule réduction des nitrates.

Aussi la question s'est posée de savoir s'il n'existait pas une relation obligatoire entre la vitesse de croissance, c'est-à-dire l'âge des moisissures et la valeur du R. E. brut. Nous donnons ci-dessous les résultats expérimentaux obtenus à partir de cultures sur glucose à 3 pour 100 et liquide de Czapek; seul varie l'aliment azoté calculé dans tous les cas pour apporter 0,106 g. N.

NO^3K.			$SO^4(NH^4)^2$.	
Poids des myc. secs	R. E. brut.	Durée.	Poids des myc. secs	R. E. brut.
g 0,204	0,57	30 h.	g 0,307	0,69 (1)
0,352	0,41	47	0,765	0,53
0,627	0,28	90	0,839	0,37
0,497	0,23	114	0,749	0,33
0,295	0,16	8 j.	0,692	0,32
0,229	0,12	26	0,668	0,28
0,197	0,08	37	0,540	0,23

On voit d'après ces chiffres :

que la vitesse de croissance est plus lente sur nitrate que sur sulfate d'ammonium, mais que dans les deux cas le poids maximum récolté, toujours plus élevé sur $SO^4(NH^4)^2$, s'obtient au bout de 90 heures. A partir de ce stade il y a perte de poids, plus accentuée sur NO^3K;

que le R. E. brut, inférieur sur cultures nitratées, baisse régulièrement en fonction de l'âge, cela même dans les périodes où le mycélium continue de s'accroître.

Ainsi le R. E. brut n'est pas une valeur immuable; le nombre classique de 0,58, obtenu sur glucose et sel d'ammonium, n'est vrai que dans certaines limites et ne se retrouve que pour des périodes de l'ordre de 48 heures. De même un R. E. de 0,40 n'est aucunement caractéristique de cultures nitratées. On obtient une valeur plus élevée à condition de récolter

(1) Chiffre très élevé, tout à fait exceptionnel.

dans les premières heures du développement (0,57). L'étude respiratoire confirme entièrement l'étude énergétique; trois cultures jeunes sur glucose et NO^3K donnent les valeurs suivantes :

Poids des mycél. secs.	CO^2 total dégagé.	CO^2 par g. sec. de mycél.	R. E. brut.
$0^g,5785$	$0^g,903$	$1^g,562$	0,56

valeurs qui sont exactement les données respiratoires et énergétiques des champignons croissant sur $SO^4(NH^4)^2$. Nous retrouvons cette chute du R. E. en fonction du temps dans d'autres cas, sur peptones par exemple.

La différence des R. E. bruts sur sels d'ammonium et sur nitrates ne peut s'expliquer par la seule réduction de ce dernier, car elle s'accentue à mesure du vieillissement.

La baisse du R. E. ne peut s'expliquer par la seule autolyse des mycéliums (numérateur de l'équation de Tangl), puisqu'elle se manifeste déjà pendant la période d'accroissement de la moisissure. Ces constatations nous ont conduits à rechercher une explication des phénomènes dans l'évolution des substances présentes dans le milieu de culture.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *La constitution de la corynanthine.* Note de M. Caesar R. Scholz, présentée par M. Marcel Delépine.

La corynanthine, l'alcaloïde principal du *Pseudocinchona africana*, a été pour la première fois isolée à l'état cristallisé en 1909 par M. Perrot [1]. C'est E. Fourneau [2] qui, la même année, a fait une étude approfondie sur les propriétés chimiques et physiques. Les analyses correspondaient à à la formule $C^{21}H^{26}O^3N^2$ et Fourneau estima très probable l'isomérie avec la québrachine (yohimbine). Quelques-unes des propriétés des deux alcaloïdes sont, en effet, voisines, mais il y en a d'autres très différentes, comme le pouvoir rotatoire. La corynanthine est fortement lévogyre (— 124° à — 145°, dans l'alcool), tandis que la yohimbine est dextrogyre (+ 107°, dans la pyridine). Ce fut Fourneau [3] qui, par analogie avec la yohimbine, saponifia la corynanthine à l'aide d'éthylate de sodium et isola l'acide corynanthique. Cet essai confirma l'idée de l'isomérie avec les alcaloïdes voisins de la yohimbine.

Raymond-Hamet [4] poursuivit ces recherches et saponifia aussi la cory-

(1) *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1465.
(2) *Comptes rendus*, 148, 1909, p. 1770.
(3) E. Fourneau et Fiore, *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 976.
(4) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1658.

nanthine avec de l'alcali, sans préciser les conditions. Il éthérifia ensuite l'acide obtenu avec de l'alcool méthylique en présence d'acide chlorhydrique et obtint une base, dont la formule brute correspondait au produit initial mais qui était, fait inattendu, dextrogyre (+107°,2, dans la pyridine). Le point de fusion n'a pas été indiqué. Raymond-Hamet appela cette base pseudo-corynanthine; la similitude entre les pouvoirs rotatoires de cette dernière (+107°,2), de la yohimbine (107°,5) ou de l'isoyohimbine (+108°,5) ne le frappa pas.

Comme, depuis quelque temps déjà, nous poursuivons des recherches sur la constitution de la corynanthine, nous avons refait et complété ces essais et il en résulte avec certitude que les nouvelles bases isomérisées sont des corps de la série de la yohimbine. Il faut donc rayer de la littérature le nom de *pseudo-corynanthine*.

L'isomérisation se fait par action d'alcali; elle est d'autant plus complète que la concentration et la durée de l'action de la potasse est plus grande. Les conditions dans lesquelles l'isomérisation se fait sont telles que l'on peut admettre avec certitude que les substituants (-OH et $-COOCH^3$) se trouvent dans les deux alcaloïdes sur les mêmes atomes de carbone correspondants; la différence s'explique donc par une isomérie *cis-trans*.

Pour prouver ces relations entre la corynanthine et la yohimbine, la première a été saponifiée par de la potasse et ensuite éthérifiée avec de l'alcool méthylique et éthylique. De plus, l'apocorynanthine a été préparée suivant la méthode que G. Barger [1] a indiquée pour la yohimbine.

Voici les résultats :

	Série de la corynanthine.		Série de la yohimbine, partant de la corynanthine.		Série de la yohimbine, partant de la yohimbine naturelle.	
	F.	$(\alpha)_D^{20}$.	F.	$(\alpha)_D^{20}$ alcool absolu.	F.	$(\alpha)_D^{20}$ alcool absolu.
Ester méthylique...	221°	−145° (alcool)	234–235°	+55°	234°	+54°,6
Ester éthylique.....	240–241°	−112°	192°,5	+50°	192°,5	+50°
Dérivé apo.........	169–170°	−183°	244°	+35°	242°	+34°,2

On voit que les corps qui dérivent de la corynanthine sont identiques aux composés correspondants de la yohimbine. Les deux bases sont donc des diastéréoisomères.

---

[1] *J. of chem. Soc.*, **107**, 1915, p. 1025; **123**, 1923, p. 1038.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Œnothéracées. Les principaux termes du développement de l'embryon chez le* Ludwigia palustris *Elliott*. Note de M. René Souèges, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

L'étude du développement de l'embryon de l'*Œnothera biennis* L., dont le résumé a été publié ici même en 1920 ([1]), a permis de mettre en relief deux faits particulièrement intéressants pour l'embryogénie comparée : 1° La cellule intermédiaire du proembryon quadricellulaire se convertit, chez cette plante, en une cellule hypophysaire, comme cela se produit chez les formes types des Renonculacées ; 2° il s'établit une différence de vitesse très nette dans la marche de la segmentation dès que la cellule apicale se sépare de la cellule basale par division transversale. On sait que cette différence de vitesse doit être considérée comme un indice de perfection tout aussi important que tout autre caractère tiré de l'ordre de la segmentation ou des modifications externes et internes du corps embryonnaire. Chez le *Ludwigia palustris* Elliott (*Isnardia palustris* L.), on retrouve ces deux mêmes particularités, les lois qui président au développement de l'embryon étant, dans cette espèce, absolument identiques à celles qui ont été obervées chez l'*Œnothera biennis*.

On voit, par exemple, que la cellule apicale du proembryon bicellulaire (*fig.* 1, *ca*) se segmente avant la cellule basale; il en résulte un proembryon tricellulaire (*fig.* 2) composé de deux cellules supérieures juxtaposées et d'une cellule basale indivise. Celle-ci se cloisonne peu après transversalement et la tétrade ainsi engendrée reproduit la forme quadricellulaire que l'on rencontre le plus souvent chez les Angiospermes. Aux stades suivants, les quadrants (*fig.* 4) et même les octants (*fig.* 5) peuvent se différencier aux dépens de la cellule apicale, avant que les deux cellules inférieures de la tétrade, *m* et *ci*, ne se partagent par des cloisons transversales. Le retard des divisions, dans ces deux cellules inférieures, s'accuse dans la suite : la cellule *ci* ne produisant qu'un très court suspenseur (*fig.* 13 et 14) et la cellule *m* donnant une hypophyse dont les processus de cloisonnement et les fonctions sont exactement semblables à ceux qui ont été établis au sujet des Crucifères. Le dermatogène s'individualise par segmentations nettement tangentielles des huit octants (*fig.* 6, 7, 9) ; le périblème et le plérome se séparent, en règle très générale, par segmentations également tangentielles (*fig.* 12, en bas), quelquefois par cloisons parallèles aux parois méridiennes (*fig.* 12, en haut).

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 946.

En somme, l'embryon du *Ludwigia palustris*, comme celui de l'*Œnothera biennis* doit être rattaché au type fondamental des Crucifères; il s'en distingue essentiellement par les deux caractères qui ont été rappelés au début de cette Note. Ces caractères se montrent plus accentués chez le *Ludwigia* que chez l'*Œnothera*, puisque l'hypophyse, dans le premier cas,

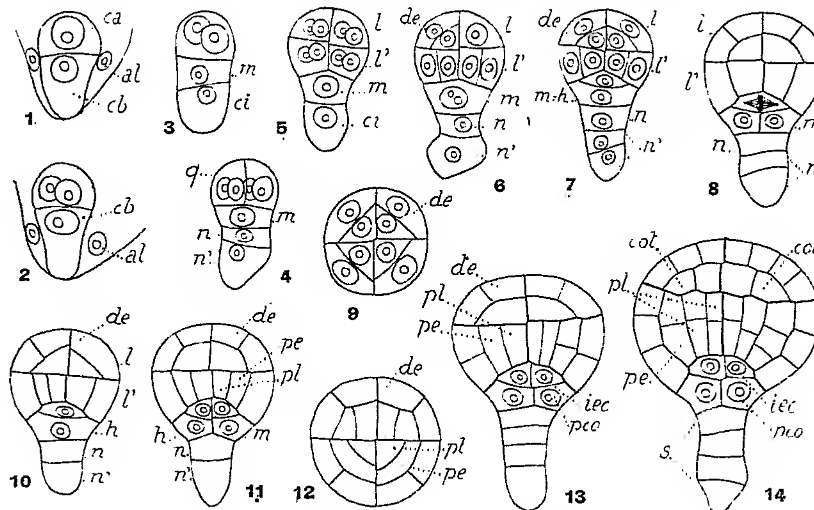


Fig. 1 à 14. — *Ludwigia palustris* Elliott. Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *al*, albumen; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou cellule hypophysaire (*h*); *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée; *l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*, donnant le suspenseur (*s*); *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pco*, primordium des parties centrales de la coiffe; *cot*, cellules-mères sous-épidermiques des cotylédons. G. : 500.

se différencie toujours par une cloison transversale s'insérant uniquement sur les parois latérales des cellules du dermatogène (*fig.* 7), tandis que, dans le deuxième cas, elle s'individualise parfois par une cloison verticale méridienne. Le premier mode de différenciation, comme je l'ai démontré dernièrement [1], marque un plus haut degré de perfection. D'autre part, chez le *Ludwigia*, la différence de vitesse des segmentations dans la cellule apicale et dans la cellule basale se montre plus accusée, puisque, comme le prouvent certaines formes décacellulaires (*fig.* 5), huit éléments peuvent naître aux dépens de la première, pendant que deux seulement se constituent aux dépens de la deuxième.

---

(1) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 81, 1934, p. 737.

Une autre conclusion peut être tirée de ces observations. L'embryon de l'*Œnothera biennis* ne représente plus un cas isolé, le seul exemple aux lois générales du développement qui ont été formulées à son sujet. Ces lois très précises apparaissent être celles d'un groupe, d'une véritable famille embryogénique. Comme, par ailleurs, elles définissent des formes plus schématiques que celle du *Capsella Bursa-pastoris*, en raison même du mode d'origine de l'hypophyse, ne serait-t-il pas plus rationnel de considérer ces formes comme représentant vraiment le type fondamental, particulièrement propice aux comparaisons, du groupement embryogénique auquel se rattachent toutes les espèces dont l'embryon se développe d'une manière plus ou moins conforme aux règles primitivement observées chez les Crucifères?

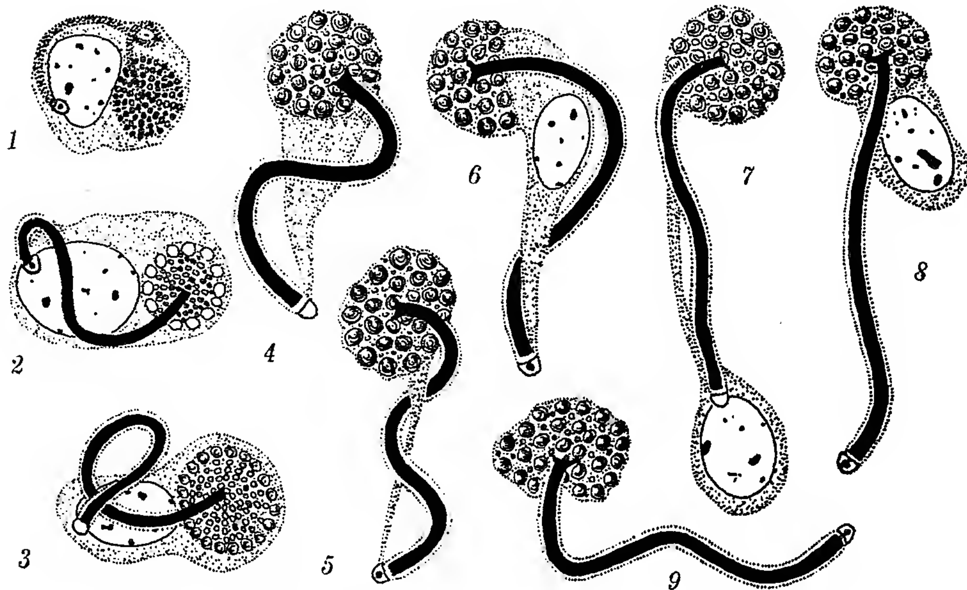
ZOOLOGIE. — *Structure, origine et interprétation cytologique des colloblastes de* Lampetia pancerina *Chun* (*Cténophores*). Note (¹) de M. **Robert Weill**, présentée par M. Maurice Caullery.

On ne connaît avec précision ni la structure, ni l'origine, ni la signification cytologique du colloblaste. On n'est pas d'accord, en particulier, sur la localisation de son noyau, sur le nombre des prolongements qui relient sa *tête* au tentacule, sur le nombre des cellules aux dépens desquelles il se différencie.

J'ai étudié les colloblastes de *Lampetia pancerina* Chun. Sans pouvoir encore préciser le détail de leur formation (il m'en manque les stades initiaux), je trouve dans mes préparations, et de façon constante, l'aspect très significatif que montre la figure 1. Le colloblaste immature y est représenté par une cellule à contours assez réguliers, mesurant environ $10 \times 10^{\mu}$, et dont le protoplasme renferme : 1° un noyau généralement ellipsoïdal, vésiculeux, à grains chromatiques rares et petits; 2° la future tête (que je désignerai dorénavant par *collosphère*), de dimensions comparables à celles du noyau; les petits globules qui la constituent sont disposés en rayons assez nets, et se teintent en vert après la coloration à l'éosine vert-lumière; plus tard apparaît une assise périphérique de globules plus gros et plutôt éosinophiles; 3° la collosphère est reliée au noyau par le futur *filament spiral* (pour ne pas préjuger de son enroulement, du reste variable, et qui, au surplus, n'est jamais spiral, mais tout au plus hélicoïdal, je l'appel-

(¹) Séance du 29 avril 1935.

lerai le *collopode*). A ce stade le collopode, contourné et formant quelquefois une boucle, est très mince et se colore en vert après la technique de Heidenhain, suivie de celle de Prenant-Chatton. Il se termine abruptement au centre de la collosphère; à son autre extrémité, il porte une *coiffe* éosinophile, dans laquelle on distingue souvent un granule sidérophile très net; la coiffe est toujours étroitement appliquée au noyau, il



Lampetia pancerina, différenciation et structure des colloblastes; Frottis. Bouin-Duboscq, Hématox. ferr., éosine, vert-lumière × 2000 (voir le texte).

se peut même, sans que mes préparations me permettent d'être catégorique à ce sujet, qu'elle soit parfois intranucléaire.

A partir de ce stade, le développement du colloblaste se manifeste par la croissance de la collosphère et du collopode (*fig.* 2 et 3). La première atteint un diamètre de 8$^{\mu}$; le collopode devient progressivement sidérophile, s'épaissit et s'allonge. Par sa coiffe, il reste toujours étroitement appliqué au noyau; la partie protoplasmique indifférenciée n'augmentant pas de volume, le collopode forme, en s'allongeant, des sinuosités et des boucles de plus en plus amples, qui se dégagent de la cellule et au niveau desquelles il se montre alors bordé d'une mince gaine hyaline, prenant électivement le vert-lumière.

Les figures 4 à 9 montrent des colloblastes achevés. On y trouve la

collosphère, le collopode avec sa gaine, et toujours, à sa racine, la coiffe avec ou sans granule sidérophile. Le résidu protoplasmique indifférencié peut persister (*fig.* 4-6); il est alors étiré entre la collosphère et la coiffe en une membrane ou un filament très mince, correspondant sans doute au « filament axial » signalé par certains auteurs (voir plus haut); le noyau peut y subsister (*fig.* 6), ou en disparaître totalement (*fig.* 4-5). Dans d'autres cas, aussi nombreux, et qui peut-être représentent le terme normal de cette évolution, tout le résidu protoplasmique, avec le noyau, a disparu (*fig.* 9); les préparations fixées montrent des stades de son rejet (*fig.* 7-8), sur la réalité duquel l'aspect *in vivo* de colloblastes certainement intacts ne laisse guère de doute.

Il serait du plus grand intérêt de connaître l'origine première du collopode, et celle de la coiffe et de son granule. Par sa constance, par sa sidérophilie, par sa situation constamment paranucléaire, il évoque naturellement l'idée d'un centrosome. Si l'étude de stades plus précoces confirmait cette interprétation, on en devrait conclure, contrairement aux auteurs, que le collopode, assimilable à un dérivé centrosomien, se développe non pas à partir de la collosphère, mais dans le sens opposé.

Conclusions. — Chez *Lampetia pancerina*, la collosphère (tête du colloblaste) est rattachée au tentacule par un prolongement unique, le collopode (filament spiral des auteurs). Collosphère et collopode se différencient au sein du protoplasme d'une seule et même cellule, au noyau de laquelle le collopode est relié par une formation peut-être centrosomienne (coiffe et granule sidérophile). La partie indifférenciée du protoplasme, quelquefois avec le noyau, peut persister au moins temporairement et forme alors, le long du collopode, un tractus plus ou moins étiré (filament axial des auteurs); dans d'autres cas, elle est entièrement rejetée. Le colloblaste représente une cellule hautement différenciée, mais généralement anucléée.

PHYSIOLOGIE. — *Rôle de la fourniture laryngée dans la formation du timbre des voyelles parlées et chantées et genèse des passages et des registres de la voix.* Note de M. **Raoul Husson**, présentée par M. Louis Lapicque.

I. Le timbre des différentes voyelles ne dépend pas seulement des résonances offertes par les cavités sus-laryngées, mais aussi dans une large mesure de la fourniture variable du son laryngien. Le rôle primordial de cette fourniture est démontré par l'expérience suivante, réalisée par

Berger [1] : sur un sujet laryngectomisé, un otaudion (appareil réalisant un son rigoureusement simple de hauteur voulue) a été branché au lieu et place du larynx; le son recueilli à la sortie de la bouche est sinusoïdal quelle que soit la forme donnée par le sujet à ses cavités de résonance, sans aucune différenciation vocalique. Les cavités vocales ne peuvent donc dessiner les voyelles parlées et chantées (hormis les sons chuchotés) en dehors d'une fourniture laryngée *suffisamment complexe* pour exciter les résonateurs traversés par elle.

II. La réaction des résonateurs vocaux sur le larynx pendant la phonation [2] permet, conjointement à la notion de résonance multiple qui se dégage des travaux de Kucharski [3], d'expliquer les passages et les registres de la voix. Un passage (ou changement de registre) se produit chaque fois que, en montant la gamme sur une voyelle donnée, un harmonique renforcé sort d'une région de résonance pour y être remplacé par l'harmonique immédiatement inférieur. Toutefois, les passages ne sont sensibles que lorsque les deux harmoniques voisins successivement renforcés par le même résonateur ont des *intensités assez différentes* pour qu'il s'ensuive une modification suffisante du *régime énergétique* du couplage larynx + résonateurs. Ceci arrive notamment pour les trois premiers harmoniques de la fourniture laryngée, renforcés par le pharynx en voix de poitrine (hommes et femmes) et par la bouche en voix de fausset (hommes) ou de tête (femmes).

Au moment où un tel changement a lieu, la réaction du résonateur sur le larynx s'accuse et détermine une perturbation des actions dynamiques s'exerçant sur les cordes vocales pendant leur vibration. Cette perturbation, génératrice de sensations fortement perçues au niveau du larynx, donne naissance à une *excitation intéro et proprioceptive laryngée* qui déclanche les modifications musculaires bien connues [4] observables aux passages : ceux-ci sont donc des actes *réflexes*, d'ailleurs susceptibles d'inhibition volontaire (partielle ou totale) et d'éducation conditionnelle (au sens de Pavlov).

III. A partir de la région de *la* 3-*ré* 4, pour les hommes comme pour les femmes, le son fondamental du larynx est une quinte plus aiguë (environ)

---

(1) Emil Fröschels, *Zeitschr. für Kinderforschung*, 42, 1934, p. 219.

(2) Raoul Husson, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1535.

(3) P. Kucharski, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 979.

(4) A. Labriet et R. Husson, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 342.

que le son de couplage du pharynx. Dès lors la participation du pharynx aux résonances bucco-pharyngées devient négligeable. Le régime énergétique du couplage larynx + résonateurs se modifie profondément. De fortes modifications posturales réflexes ont lieu au niveau du larynx et du pharynx. La voix change de timbre : de *voix de poitrine*, elle devient brusquement *voix de fausset* (hommes) ou *de tête* (femmes) caractérisée surtout par une diminution de l'intensité relative du son fondamental.

La voix de poitrine se caractérise ainsi, du point de vue de sa formation, par une participation importante du résonateur pharyngien (associé au résonateur buccal) au fonctionnement du couplage larynx + résonateurs. Au contraire, dans la voix de fausset (hommes) ou de tête (femmes), le résonateur buccal est quasi seul relancé par la fourniture laryngée qui y excite en général une double résonance dans deux régions tonales variables selon les voyelles (Kucharski).

IV. Dans un organe éduqué, les passages peuvent être volontairement effectués sur des notes plus graves ou plus aiguës que leurs hauteurs optima; ils ont en outre tendance à se faire sur des notes plus aiguës en montant la gamme et plus graves en la descendant, comme dans les systèmes mécano-acoustiques couplés ([1]). Leurs *hauteurs optima*, à peu près *fixes* dans la gamme, diffèrent pour les voyelles *ouvertes* (*a*, *ó*, *èu*, *è* et nasales correspondantes) et *fermées* (*au*, *éu*, *é*, *i*, *u*, *ou*). Elles varient un peu en fonction : *a*, de la tessiture (demi-ton plus grave pour les basses que pour les barytons, pour ceux-ci que pour les ténors); *b*, de l'intensité de la voix (demi-ton plus grave en voix piano); *c*, de la nasalisation du phonème (demi-ton plus grave pour une voyelle nasalisée). Ces variations s'expliquent immédiatement à partir des modifications correspondantes du couplage larynx + résonateurs.

EMBRYOGÉNIE GÉNÉRALE. — *Sur des proliférations endocriniennes aux dépens de* l'épithélium germinatif. Note de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. M. Caullery.

L'ébauche gonadique est formée par un complexe de divers tissus. Son développement a lieu sur un emplacement où, à côté de différenciations

---

([1]) F. Trendelenburg, *Handb. der Physik* de H. Geiger et K. Scheel, 8, 1927, p. 284 (Berlin).

tissulaires, s'effectuent des migrations cellulaires variées : 1° un apport de cellules germinales par le courant sanguin; 2° une émission d'îlots cellulaires, aux dépens de l'épithélium cœlomique de la bandelette gonadique; 3° une immigration de travées de tissu néphrogène; 4° une immigration supplémentaire, à travers la mésentère, de cellules germinales, qui augmentent le nombre des cellules apportées par le courant sanguin; 5° une prolifération locale du mésenchyme embryonnaire; 6° une prolifération spéciale de l'épithélium cœlomique dans le sexe femelle et 7° une répartition nouvelle des cellules germinales dans le sexe mâle. Des chaînes de corrélations germino-somatiques en résultent, dont la conséquence est l'organisation des gonades. Seule une *dissociation* des diverses corrélations normales pourrait nous renseigner sur le rôle respectif de chacun de ces tissus dans l'édification de ces gonades.

En premier lieu, nous avons essayé de distinguer, dans cette association de tissus, ceux qui participeront définitivement aux ébauches gonadiques de ceux, qui ne font que prendre naissance dans les régions gonadiques, pour les quitter ensuite et entrer dans la constitution d'organes autres que les gonades. Les corrélations germino-somatiques entre tissus variés, étant conditionnées par l'invasion des régions gonadiques par les cellules germinales, une élimination précoce et complète de celles-ci devrait pouvoir indiquer si, en leur absence, aura lieu néanmoins une émission de tissus à partir de ces régions.

1° Si aucune cellule germinale ne venait se fixer dans les régions gonadiques, et qu'en conséquence, les tissus somatiques des gonades fussent, par suite, temporairement ou définitivement, inhibés dans leur développement, se produirait-il dans cette région une ségrégation de matériaux cellulaires, qui contribueraient à l'organisation d'organes autres que les ébauches gonadiques.

2° Une destruction complète des cellules germinales, à un stade très précoce, peut-être réalisée par des irradiations de l'embryon à l'aide des rayons X, ou bien par une destruction locale du croissant germinal. Aucune cellule germinale ne subsiste dans ce cas, dans aucune partie du système vasculaire, ni n'est déposée dans ses régions gonadiques.

3° Les régions gonadiques, dans de tels embryons, offrent, au stade de 5-6 jours d'incubation, un aspect très remarquable. En l'absence de cellules germinales, l'épithélium cœlomique se présente sous forme d'un épithélium cylindrique, parfaitement identique des deux côtés. Aucune immigration de travées de tissu néphrogène n'a lieu. Le mésenchyme

contigu à l'épithélium cœlomique de la bandelette gonadique garde son caractère de tissu lâche, et la condensation de tissus adjacents à l'épithélium gonadique manque complètement dans de tels embryons. Par contre, cet épithélium gonadique prolifère. Des îlots de tissu somatique commencent, dès le cinquième jour d'incubation, à se détacher de sa face profonde, qui, à maints endroits, montre des invaginations. Ces îlots se déplacent dans la direction dorsale, à la rencontre des cellules nerveuses paraganglionnaires. Les cellules de ces îlots ont une structure identique à celle des groupes cellulaires, qui, dans un embryon normal, contribuent à former la partie corticale de la capsule surrénale. Ce processus de ségrégation d'îlots adréno-corticaux commence en avant de l'artère omphalo-mésentérique et se propage aux régions gonadiques.

4° Il s'ensuit que l'épithélium cœlomique, en l'absence des cellules germinales, se révèle, dans les régions gonadiques, comme le siège d'une ségrégation cellulaire, qui contribue à former le cortex de la surrénale. Cette ségrégation de cellules adréno-corticales se fait indépendamment des corrélations que contractent les cellules germinales avec les tissus somatiques et s'effectue en l'absence des cellules germinales. *Un tissu endocrinien, sous forme d'îlots cellulaires, prend naissance aux dépens de l'épithélium cœlomique qui tapisse la région gonadique.* Durant sa migration, ce tissu traverse les régions des gonades futures. Il contribue à former le cortex surrénal, dont la fonction masculinisante est singulièrement analogue à celle de la glande endocrinienne du testicule (et cela dans les deux sexes). Aussi, me semble-t-il probable, que la glande interstitielle du testicule se développe aux dépens de la même prolifération de l'épithélium cœlomique, plus particulièrement, aux dépens d'îlots retardés dans leur migration et emprisonnés dans l'ébauche gonadique par les tissus qui s'y organisent.

BIOPHYSIQUE. — *Émission de rayonnement par l'excitation nerveuse.* Note de MM. **René Audubert** et **Robert Lévy**, présentée par M. Jean Perrin.

Un certain nombre de tentatives ont été faites pour mettre en évidence, à l'aide de compteurs photoélectriques, l'émission de rayonnement par des sources biologiques. Des résultats positifs ont été publiés de 1931 à 1933, par Rajewski (tube à cathode d'aluminium; sources : racine d'oignon, pla-

teaux broyés de bulbes d'oignon, carcinome), Frank et Rodionov (Cd, Al; muscles de grenouille se contractant, muscles réduits en pulpe, cœurs de grenouille en fonctionnement), Petri (Cd; grains de blé en germination, vivants ou broyés), Siebert et Seffert (Al; sang, carcinome, urine). D'autre part, R. Audubert et Van Doormaal ont effectivement décelé, avec des compteurs photoélectriques de grande sensibilité, un rayonnement émanant de nombreuses réactions chimiques [1].

Nous avons utilisé ces compteurs sensibles pour l'étude de phénomènes biologiques et nous avons obtenu des effets très nets en ce qui concerne l'excitation nerveuse.

Pour tenter de préciser le domaine spectral du rayonnement émis, nous l'avons détecté avec des photo-cathodes en aluminium (maximum accusé de sensibilité vers 2300 à 2400 Å) et en cuivre ioduré (sensibilité n'existant pratiquement qu'entre 2000 et 2400 Å, sans maximum). La sensibilité du compteur était mesurée par la méthode simple indiquée par R. Audubert [2] : cette mesure permet la comparaison des résultats et donne un ordre de grandeur de l'énergie mise en jeu. Il est d'ailleurs indispensable de n'employer un compteur que lorsqu'il présente une sensibilité suffisante, et c'est sans doute à l'absence de ce contrôle qu'il faut attribuer la contradiction des résultats obtenus dans les recherches de cette nature.

Le régime de fonctionnement d'un compteur pouvant d'ailleurs varier au cours d'une série d'expériences, nous avons toujours fait alterner assez rapidement les essais proprement dits et les essais témoins, afin d'éliminer le plus possible les erreurs dues à cette variation.

I. *Nerf excité électriquement.* — Un sciatique de grenouille (*Rana temporaria* ou *R. esculenta*) était dénudé, isolé des tissus sous-jacents par une feuille de caoutchouc, et excité au moyen d'électrodes en argent chloruré reliées à un chariot de Du Bois-Reymond. L'excitation était produite, peu au-dessus du seuil, par la fermeture puis l'ouverture du circuit primaire, généralement à raison de 40 manœuvres par minute. Les essais duraient 5 ou 10 minutes. Les électrodes étaient, soit éloignées et placées aux extrémités du segment de nerf, soit rapprochées et placées à l'extrémité proximale. La préparation était exposée à une distance de 1 à 2^{cm} de la plaque de quartz fermant la cellule. Quand les électrodes étaient rapprochées, le

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1883.
(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 918.

lieu d'excitation était le plus souvent isolé de la cellule par une lame de verre. Les essais témoins étaient faits, soit en arrêtant l'excitation, soit en couvrant toute la préparation d'une lame de verre.

Avec la cellule à aluminium (sensibilité, suivant les cas, de 10^{-8} et 10^{-10} erg-sec/cm²), nous avons obtenu des résultats positifs quel qu'ait été le montage. Sur 45 expériences, 41 ont été positives, les fréquences de décharge des essais proprement dits et des essais témoins présentant toujours des différences notablement supérieures aux écarts moyens de fluctuation. Dans la plupart des expériences, l'augmentation était de 20 à 25 pour 100, et a dans quelques cas dépassé 60 pour 100, alors que la fluctuation était de l'ordre de 2 à 3 pour 100 (5 à 10 pour 100 dans les rares cas très défavorables).

En dehors des essais témoins signalés, nous avons aussi opéré avec des nerfs tués par l'alcool, puis bien lavés au Ringer. Excités comme les nerfs intacts, ils n'ont fourni aucun rayonnement.

Les contrôles nombreux et divers que nous nous sommes ainsi imposés nous mettent, nous semble-t-il, à l'abri des objections que certains auteurs ont formulées pour contester la valeur de résultats positifs, en faisant intervenir des causes d'erreur telles que : humidité, défauts d'isolement.

Neuf expériences faites avec une cellule à CuI extrêmement sensible (10^{-10} — 10^{-11} erg-sec, par cm²) ont toutes donné des résultats négatifs.

II. *Nerf excité mécaniquement.* — Nous avons également éprouvé des nerfs excités mécaniquement. Le nerf, placé sur un support élastique et résistant à la fois, était excité par les chocs brusques et répétés d'un petit couteau mousse en paraffine. Pour les essais témoins, nous arrêtions le martèlement ou interposions une feuille de papier.

Avec la cellule à aluminium, sur 30 expériences, 27 ont donné des résultats positifs comparables à ceux rapportés ci-dessus. La cellule à CuI a toujours donné des résultats négatifs.

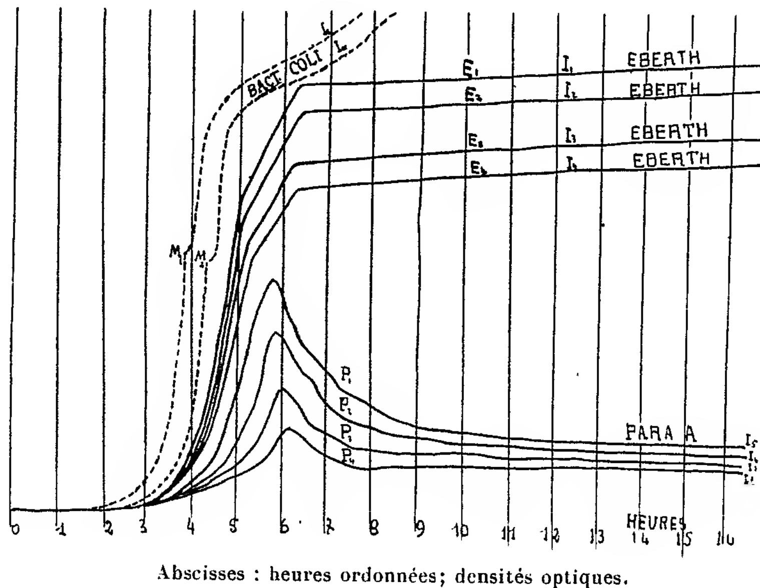
Conclusions. — Nos expériences montrent que le nerf sciatique de Grenouille, excité électriquement ou mécaniquement, émet un rayonnement dont la longueur d'onde est probablement située entre 2.300 et 2.400 Å.

En tenant compte de la sensibilité absolue de la cellule, on peut évaluer approximativement l'intensité de cette émission en la rapportant à la longueur d'onde 2.350 Å : son ordre de grandeur est de 1000 à 10.000 photons par seconde et par centimètre carré.

BACTÉRIOLOGIE. — *Diagnostic photométrique du bacille d'Eberth, du para A et du colibacille*. Note de M. **Michel Faguet**, présentée par M. Charles Richet.

Par la méthode précédemment décrite ([1]) nous avons étudié la multiplication des espèces microbiennes suivantes : *Eberth*, *para* A et B, *colibacille*.

Les *colibacilles types* étudiés (12 souches) nous ont toujours donné des courbes comparables entre elles, présentant le même point caractéristique.



Abscisses : heures ordonnées; densités optiques.

Les diverses souches d'*Eberth* (11 souches) nous ont toujours donné des courbes semblables. Il en a été de même pour les *para* A (6 souches).

Les courbes de croissance des *para* B étudiés présentent des variations parfois sensibles d'une souche à l'autre (14 souches); les *para* B présentent des caractères biologiques variant d'une souche à une autre.

En résumé, cette méthode nous a permis de faire le diagnostic entre les *colibacilles*, *Eberth* et *para* A. *Ce diagnostic photométrique concorde avec le diagnostic bactériologique*.

([1]) Michel Faguet, *Comptes rendus*, **191**, 1932, p. 1077 et 1763; **200**, 1935, p. 498.

IMMUNOLOGIE. — *Sur le renforcement de l'action immunisante des toxines et des antitoxines*. Note de MM. **Gaston Ramon** et **Édouard Lemétayer**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

A la suite d'observations faites chez les chevaux producteurs de sérum antitoxique, l'un de nous a établi, dès 1925 ([1]), que l'addition de substances non spécifiques, telles que la poudre de tapioca, à l'antigène (anatoxine diphtérique, tétanique, etc.,) permet d'obtenir une production abondante d'antitoxine chez les chevaux soumis à l'injection d'un tel mélange. Depuis lors, l'anatoxine au tapioca est d'un usage courant dans la vaccination des animaux domestiques contre le tétanos. Récemment nous avons montré avec R. Richou que l'immunité obtenue chez les petits animaux de laboratoire (Cobayes et Lapins), grâce aux anatoxines diphtérique ou tétanique peut être fortement accrue en ajoutant à ces antigènes d'autres substances que le tapioca, par exemple la cholestérine, la lanoline, etc. ([2]). Enfin, plus récemment encore, nous avons pu réaliser, chez le Lapin, l'immunité antitétanique au moyen d'une seule dose de toxine tétanique non modifiée, simplement enrobée dans la lanoline.

Dans de nouveaux essais, nous avons cherché à appliquer ces mêmes principes à l'immunisation antitétanique des animaux domestiques : le Cheval, le Mouton, par exemple.

A un cheval, n° 96, on injecte sous la peau 2^{cm^3} d'anatoxine tétanique titrant 5 unités antigènes, incorporés dans 6^g de lanoline. Un autre cheval, n° 94, reçoit, également sous la peau, 2^{cm^3} de toxine tétanique ([3]) enrobés dans 6^g de lanoline; dans la suite, cet animal ne présente aucun signe d'intoxication tétanique. Après une saignée d'épreuve, pratiquée le 19e jour après cette première injection, les deux chevaux reçoivent ce même jour et dans les mêmes conditions, le n° 96, 4^{cm^3} d'anatoxine; le n° 94, 4^{cm^3} de toxine tétanique; ces doses d'antigène étant comme précédemment incorporées dans la lanoline. Détail à noter, cette injection est suivie, chez l'un

---

([1]) G. Ramon, *Bulletin de la Société centrale de Médecine vétérinaire*, **101**, 1925, p. 227 et 228.

([2]) G. Ramon, E. Lemétayer et R. Richou, *C. R. Soc. de Biologie*, **115**, 1934, p. 1027 et **116**, 1934, p. 823; *Revue d'Immunologie*, **1**, 1935, p. 199.

([3]) Cette toxine qui provenait d'une culture récemment filtrée tuait, en quatre jours, un cobaye de 350^g à la dose de 1/30000e de centimètre cube.

comme chez l'autre cheval, d'une réaction générale assez vive (température de 40° pendant 2 jours) et d'une réaction locale relativement forte. Un nouveau prélèvement de sang est effectué 7 jours aprés la deuxième injection. Le dosage de l'antitoxine tétanique dans les sérums des première et deuxième saignées d'épreuve a fourni les résultats suivants :

	Titre antitoxique des sérums en unités après	
	la 1re injection.	la 2e injection.
Cheval n° 96 (anatoxine)...................	1/3	40
Cheval n° 94 (toxine)......................	1/3	50

Ainsi, moins de quatre semaines après la 1re injection, 1cm³ du sérum de chacun des chevaux neutralise une quantité de toxine correspondant à 50000 doses mortelles pour le cobaye ([1]). Or, ainsi qu'il a été établi par P. Descombey, il suffit qu'un centimètre cube du sérum d'un cheval neutralise une dose mortelle pour que cet animal soit à l'abri du tétanos.

Des essais effectués dans les mêmes conditions chez le mouton nous ont conduit à des résultats analogues.

Les considérations suivantes permettent de mesurer les progrès accomplis en quelques années dans le domaine de l'immunisation antitoxique, l'immunisation antitétanique étant prise comme type. Lorsque, par exemple, avec la collaboration de P. Descombey, nous avons établi la méthode de vaccination des animaux domestiques contre le tétanos ([2]), le titre antitoxique du sérum des chevaux vaccinés à l'aide de deux injections de 10cm³ d'anatoxine, séparées par un intervalle d'un mois, atteignait en moyenne 1/100e d'unité six semaines après la première injection. L'addition de tapioca à l'anatoxine, les autres conditions étant les mêmes, a permis d'élever ce titre à 1/10e d'unité. Et maintenant, le taux d'antitoxine, dans le sérum des chevaux traités par la méthode que nous venons de faire connaître (deux doses de 2 et 4cm³ à trois semaines d'intervalle de toxine ou d'anatoxine enrobée dans la lanoline) atteint 50 unités, soit 5000 fois le taux obtenu au début.

On conçoit l'intérêt pratique d'un tel procédé d'immunisation. En ce qui concerne la production du sérum antitétanique, ce procédé, utilisant soit

---

([1]) On remarquera que, dans les conditions de nos expériences, le pouvoir immunisant de la toxine et celui de l'anatoxine sont sensiblement équivalents.

([2]) Voir en particulier : G. Ramon et P. Descombey, *Annales de l'Institut Pasteur*, 41, 1927, p. 834.

la toxine, soit l'anatoxine, permettra de réduire notablement le temps d'immunisation des chevaux, temps déjà fortement réduit depuis l'emploi de l'anatoxine. On sait que, jusqu'ici, il était impossible d'injecter d'emblée à l'animal la toxine tétanique non modifiée, et qu'avant l'introduction de l'anatoxine dans les méthodes d'immunisation il fallait de très nombreuses injections de toxine modifiée (par le liquide de Gram) et un temps très long pour qu'un cheval pût supporter 1^{cm^3} de toxine.

Pour ce qui regarde la vaccination des animaux domestiques contre le tétanos, le même procédé, mettant en œuvre cette fois l'anatoxine, permettra de conférer rapidement aux animaux une immunité considérablement accrue et se maintenant longtemps à un niveau élevé.

Le même procédé est applicable, ainsi que nous avons pu nous en rendre compte, à l'immunisation au moyen d'autres toxines (ou anatoxines) microbiennes ou végétales.

La séance est levée à 16^h.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 29 avril 1935.)

Note de M. *Lucien Daniel*, Sur des akènes d'apparence déficiente chez le Pissenlit :

Page 1507, ligne 28, *au lieu de* au-dessus, *lire* au-dessous.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 MAI 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTÉORITES. — *Sur des météorites pierreuses tombées dans l'Aïr (Colonie du Niger).* Note (¹) de M. ALFRED LACROIX.

Le Muséum national d'Histoire naturelle a reçu de M. Loubet, administrateur des colonies, des échantillons de météorites pierreuses qu'il a rapportés de l'Aïr. Ils proviennent de la région d'Iférouane.

Une pierre unique a été recueillie, à environ 15^{km} au sud-ouest de Zoarika, et 70^{km} à l'ouest-sud-ouest d'Iférouane. Plusieurs fragments d'une autre pierre proviennent des bords du Kori Zilalet, à 40^{km} sud-est d'Aguennar et à 50^{km} au sud-sud-est d'Iférouane.

La météorite de la région de Zoarika a été ramassée par un indigène qui a assuré l'avoir vu tomber en 1925; le phénomène avait produit certainement une grande impression sur lui, car il s'est refusé a fournir le moindre détail complémentaire. Elle était fragmentée en plusieurs morceaux, mais ceux-ci ont pu être réajustés et la pierre est complète, à quelques légères blessures près. Elle pèse actuellement presque exactement 20^{kg}. Sa forme est grossièrement celle d'une pyramide triangulaire dont la base mesure $20^{cm} \times 18^{cm}$ et dont la hauteur est de 28^{cm}. Ses faces irrégulièrement gauches, ne portent que des piézoglyptes peu distincts et peu nombreux. La croûte noire est lisse ou localement scoriacée; elle est un peu adhérente et a partiellement disparu sur une assez grande surface, non sans laisser, ça et là, quelques lambeaux intacts.

(¹) Séance du 1er avril 1935.

M. Loubet a rapporté du Kori Kilalet deux morceaux plats pesant l'un $2^{kg},320$ et l'autre 350^{g}. Le Muséum vient de recevoir du colonel Vignon un autre échantillon ayant la même forme et pesant 278^{g}. Ces trois morceaux, d'un aspect si semblable, ont dû être détachés d'un même bloc de grandes dimensions qui n'a pu être qu'écaillé. Ils portent sur l'une de leurs faces une croûte semblable à celle de la météorite précédente, mais elle est continue.

La question qui se pose est de savoir si ces deux météorites rencontrées à 95^{km} l'une de l'autre, sur une ligne orientée NE-SO, sont dues à deux chutes indépendantes, ou bien si elles faisaient partie d'un essaim de pierres d'une même chute à grande dispersion.

Cette dernière alternative aurait pris un certain degré de probabilité s'il avait été possible de vérifier l'indication fournie par un indigène que des pierres analogues auraient été vues en deux points éloignés l'un de l'autre et situés à l'ouest du méridien de 8°, mais, s'il en était ainsi, on se trouverait en présence d'une aire de dispersion de beaucoup supérieure à toutes celles observées jusqu'à ce jour. La plus grande longueur d'une ellipse de dispersion connue semble avoir été celle de la chute de Khaipur dans le Punjah (Inde) du 23 septembre 1873; son grand axe mesurait 26^{km}, avec une largeur transversale de 6^{km} seulement.

J'ai demandé des éclaircissements sur cette question à l'étude minéralogique.

Les caractères extérieurs des deux aérolites sont les mêmes, la cassure est grise, un peu rouillée par altération du fer nickélé, qui apparaît nettement par le polissage des surfaces se faisant très facilement et d'une façon parfaite. L'estimation de la teneur en fer nickélé, à l'aide de la platine de Shand, a donné en moyenne 11 pour 100, avec 5,6 pour 100 de pyrrhotite (mesure de M. Pavlovitch), le reste étant constitué par des silicates pierreux, au milieu desquels abondent des chondres très adhérents à la roche. Il s'agit donc là d'une *chondrite miosidérique polychondrique* de ma nomenclature. La densité oscille entre 3,50 et 3,53.

Les morceaux du Kori Kilalet sont traversés par quelques diaclases noires linéaires, le long desquelles, çà et là, apparaît une brèche très étroite de minuscules fragments arrondis.

L'examen microscopique met en évidence la composition minéralogique habituelle à ce type de météorite, avec une grande variété de composition et de structure dans les chondres. Je noterai seulement la fréquence autour de cristaux de bronzite (voisin de l'hypersthène) d'une mince bordure de

diopside-bronzite. Le même pyroxène forme aussi de petites aiguilles indépendantes, soit disposées sans ordre, soit groupées à axes parallèles, notamment dans des chondres porphyriques à phénocristaux de pyroxène rhombique.

Un feldspath non maclé est assez fréquent sinon abondant. Une plage (Zoarika) a son centre criblé de petites inclusions opaques (fer nickélé), particularité qui n'est pas rare dans la météorite de Chateaurenard.

Mais la caractéristique de nos deux météorites réside moins dans ces particularités que dans l'existence et même l'abondance, pour l'une et pour l'autre, de *merrillite*, en gros grains homogènes ou en larges plages englobant des fragments d'olivine. Ce phosphate calcosodique n'est pas très rare dans les météorites pierreuses, mais il ne se trouve que dans certaines d'entre elles. Sa présence dans deux pierres, dont tous les autres caractères sont semblables, peut donc être considérée, dans une certaine mesure, comme une présomption en faveur de leur communauté d'origine.

THERMODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Le diamètre de la courbe des densités*. Note (¹) de M. **Émile Mathias**.

1. La loi *graphique* du diamètre rectiligne conduit simplement, si la température critique est connue approximativement, à une valeur très approchée (1 pour 100) de la densité critique, alors que les mesures expérimentales de cette quantité comportent des erreurs décuples.

Le diamètre rectiligne est une loi approchée; avec les gaz à température critique inférieure à la température ambiante, les déviations de cette loi sont si faibles qu'une représentation graphique d'une échelle modérée ne les met pas en évidence, tandis qu'algébriquement une déviation peut toujours être considérée, si petite soit-elle.

Les composés organiques ont une température critique supérieure à la température ambiante quand leur molécule est assez lourde. Quand leur formule contient un ou plusieurs oxhydriles (alcools, acides), le diamètre a une courbure sensible. Les composés à formule sans oxhydrile ont des diamètres beaucoup plus tendus, comparables à ceux des composés minéraux ou des hydrocarbures à température critique très basse.

(¹) Séance du 6 mai 1935.

2. Appelons *tête* et *extrémité* du diamètre les parties respectivement voisines ou éloignées du point critique; les déviations du diamètre rectiligne y sont surtout sensibles.

Dans les corps organiques, les déviations de la *tête* sont faibles ou nulles; elles sont très nettes *à l'extrémité* où nous avons reconnu le premier les deux sortes de déviation (*Mémoires de la Société Royale des Sciences de Liège*, 3e série, 2, 1889). M. Sydney Young [1], qui a étudié de tels corps à poids moléculaire élevé, a vu après nous la courbure du diamètre des alcools méthylique, éthylique et propylique, mais il a eu le mérite de reconnaître la courbure *totale* beaucoup plus faible des composés sans oxhydrile. Il a même précisé que la courbure (unique) de leur diamètre était concave ou convexe vers l'axe des abscisses *selon que la constante a du diamètre rectiligne réduit était inférieure ou supérieure à* 0,931 (cas du pentane normal), ou encore *selon que le rapport de la densité critique vraie à la densité théorique au point critique était inférieur ou supérieur à* 3,77 (cas du pentane normal).

M. Sydney Young put, en effet, représenter tous les diamètres des composés sans oxhydrile *autres que le pentane normal* par un arc de parabole : $y = a - bt \pm ct^2$, le terme en t^2 étant négatif ou positif selon les cas qui viennent d'être envisagés [2].

Pour représenter exactement le diamètre des trois alcools étudiés, il dut exceptionnellement employer une formule du troisième degré à quatre termes *mais sans en tirer aucune conclusion générale*, le coefficient en t^3 étant très petit ou très grand, positif ou négatif suivant le cas.

Plus récemment [3], nous avons essayé le diamètre parabolique du deuxième degré sur les gaz à point critique bas : O^2, Az^2, H^2, Ar, et constaté une courbure faible mais nette de l'extrémité du diamètre de O^2 et Az^2 (surtout de ce dernier).

3. L'étude au Laboratoire cryogène de Leyde d'une dizaine de diamètres, poussée jusqu'au voisinage du point critique, nous a montré, à nos colla-

---

(1) Sydney Young, *Phil. Mag.*, 5e série, 50, 1900, p. 291.

(2) Il est curieux de constater que *le pentane normal n'échappe pas à l'anomalie de l'extrémité du diamètre concave vers l'axe des abscisses.* M. Timmermans, ayant repris son étude à basse température, a constaté sur lui une courbure très importante. Mais alors que deviennent les deux lois sur le sens de la courbure totale unique du diamètre énoncées par M. Sydney Young?

(3) E. Mathias, *Het natuurkundig Laboratorium der Rijks-universiteit te Leiden in de Jaren* 1904-1922; Leiden, Eduard IJdo, 1922, p. 165.

borateurs et à nous, que la *tête* du diamètre donne des déviations positives, étant ainsi le siège d'une anomalie inverse de celle de l'*extrémité* qui donne des déviations négatives. *Si la forme générale du diamètre est celle d'un point d'inflexion très écrasé*, cela exige qu'il soit représenté par une expression du 3e degré à 4 termes, de la température absolue T,

$$y = a - bT - cT^2 + dT^3 = (a - bT) + dT^2(T - T'),$$

où les signes sont mis en évidence, les constantes a, b, c, d étant positives et décroissant rapidement de la première à la dernière.

La première parenthèse représente le diamètre rectiligne habituel; la seconde parenthèse donne le point d'inflexion $T = c/3d < T_c$.

Quand on a, de plus, $T' = c/d < T_c$, la seconde parenthèse est négative pour $T < T'$ et positive pour $T > T'$. L'anomalie de *l'extrémité* du diamètre est négative, celle de la *tête* est positive.

Sous la forme $y = (a - bT) + dT^2(T - T')$, l'équation du diamètre fait comprendre, par l'extrême faiblesse du coefficient d, que *la représentation graphique donnera surtout l'apparence rectiligne du diamètre*, à moins que la représentation ne soit faite à grande échelle.

Le diamètre de la courbe des densités présenterait, dans la température de son point d'inflexion, *une nouvelle propriété spécifique du corps expérimenté;* mais cette température, donnée par le quotient $c/3d$ de deux coefficients très petits, et qui ne peut être connue exactement que si l'on détermine les coefficients de la formule à quatre termes par les moindres carrés en utilisant toutes les mesures concordantes. Dans la réalité, elle est située beaucoup plus bas que les mesures expérimentales et n'a pas d'intérêt.

Les expériences sur l'oxyde de carbone [1], même sans avoir recours aux moindres carrés, sont remarquablement représentées par la formule

$$y = 0{,}55505 - 0{,}001912T + 7.10^{-9}(T - 100).$$

A la température critique ($T_c = 132°{,}88$), cette formule donne la densité critique rigoureuse $\Delta = 0{,}3050$.

---

(1) E. Mathias, W. J. Bijleveld et Th. P. Grigg, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1708.

NOMINATIONS.

M. le **Président de l'Académie**, MM. les **Secrétaires perpétuels**; MM. **L. Mangin**, **P. Marchal**, **E. Leclainche**, **P. Viala**, **G. Urbain**, **M. Brillouin**, **G. Bertrand**, **L. Cayeux**, **E. Schribaux**, **G. Moussu**, **P. Langevin**; **P. Janet**; **L. Guillet** sont désignés pour représenter l'Académie à la remise de la Croix de la Légion d'honneur à l'*Institut national agronomique*, le lundi 27 mai 1935.

M. **Pierre-Augustin Dangeard**, président de l'Académie, et M. **Alexandre Guilliermond** sont désignés pour représenter l'Académie au *Congrès international de Botanique* à Amsterdam, du 2 au 7 septembre 1935.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pacific Science Association. *Proceedings of the Fifth Pacific Science Congress, Canada,* 1933.

2° J. Deruyts. *Sur les ensembles polyédriques à un nombre quelconque de dimensions.*

3° *Le problème de la dérivée oblique en théorie du potentiel*, par G. Bouligand, G. Giraud et P. Delens. (Présentée par M. Élie Cartan.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur la notion de distance*. Note de M. **Eugène Blanc**, présentée par M. Élie Cartan.

On sait que, pour toute métrique fréchétienne, la distance entre deux points est fonction continue de la position de ces points. C'est une conséquence immédiate de l'inégalité triangulaire. Il en résulte qu'étant donné un point a, la fermeture de la *sphère ouverte* $(x, a < \alpha)$ de centre a et

de rayon α est contenue dans la *sphère fermée* $(x, a \leqq \alpha)$ de même centre et de même rayon. Il peut arriver, si la métrique n'est pas assez régulière, que ces deux ensembles ne coïncident pas, c'est-à-dire que certains points de la sphère fermée ne soient pas limites de points de la sphère ouverte. C'est ce qui arrive si la distance entre deux points est définie de la façon suivante : *si les deux points sont tous deux extérieurs ou tous deux intérieurs* (¹) *à la sphère singulière de centre* O *et de rayon r, on prendra leur distance égale à la longueur euclidienne du segment qui les joint; si le point a est extérieur à la sphère et le point b intérieur, on prendra comme distance de a à b la longueur du segment a*O. Il est aisé de voir que c'est bien là une distance de Fréchet. Désignons par α la longueur aO : la *sphère ouverte* de centre a et de rayon α est formée de la sphère au sens ordinaire, échancrée par la sphère singulière. La *sphère fermée* de même centre et de même rayon est formée de la sphère au sens ordinaire, de sa frontière, de la sphère singulière et de sa frontière. Or aucun point de la sphère singulière ne peut être limite de points appartenant à la sphère fermée puisque, ces derniers points étant extérieurs à la sphère singulière, leur distance à un point quelconque de cette sphère est supérieure à r. Ainsi *la sphère fermée ne coïncide pas avec la fermeture de la sphère ouverte de même centre et de même rayon.* Il y a là quelque chose d'assez choquant pour qu'on se préoccupe d'obtenir des conditions susceptibles d'interdire de telles singularités.

Si l'espace étudié est compact (ce qui n'est d'ailleurs pas le cas dans l'exemple précédent), une condition suffisante est que soit réalisée la convexité au sens de Menger (²), c'est-à-dire que, pour tout couple de points a, b, il existe un *interpoint c* (Zwischenpunkt), tel que

$$a,\, b = a,\, c + c,\, b.$$

Cette condition est beaucoup trop restrictive, et le but de cette Note est de donner une condition nécessaire et suffisante. Je n'indiquerai pas les démonstrations.

Soit E(α) l'ensemble des points dont la distance à un point fixe a est égale à α. Cet ensemble est, au sens de ma Note du 12 juin 1933 (³), une fonction multiforme de l'argument α. Au point de vue de la théorie des

---

(¹) Les points frontière seront traités comme les points intérieurs.

(²) *Math. Ann.*, 100, 1929, p. 76-163.

(³) E. Blanc, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1769-1771.

fonctions multiformes, elle se présente comme la fonction inverse de la distance entre a et un point variable, c'est-à-dire d'une fonction continue. On sait alors qu'elle possède la $\overline{\text{S. C. I.}}$ complète ([1]). La condition nécessaire et suffisante annoncée est que *la fonction* $E(\alpha)$ *possède en outre la* $\underline{\text{S. C. I.}}$ *complète, c'est-à-dire soit totalement continue* au sens de ma Note citée. Cette condition est d'ailleurs équivalente à la suivante :

Étant donné deux points quelconques a et b, dont la distance est α, *il existe, aussi près que l'on veut de b, des points dont la distance à a est inférieure à* α.

Sous cette forme qui est la traduction immédiate du fait que tout point d'une sphère fermée appartient à la fermeture de la sphère ouverte de même centre et de même rayon, cette condition exige pour tout couple de points l'existence de ce que l'on pourrait nommer des interpoints approximatifs au voisinage des deux points du couple. Je proposerai pour cette raison de l'appeler momentanément : *condition de quasi-convexité locale.*

Tout espace convexe et compact en soi est localement quasi convexe. La surface d'une sphère distanciée par la distance rectiligne de ses points est un espace quasi convexe localement mais qui n'est convexe pour aucun couple de points.

La surface formée par deux calottes sphériques égales, inférieures à des hémisphères et accolées suivant leurs cercles limites, si on la distancie par la distance rectiligne de ses points, est un espace qui, bien qu'homéomorphe au précédent, n'est pas localement quasi convexe entre un point quelconque de l'une des calottes et sa projection sur l'autre. *Pas plus que la convexité, la quasi-convexité locale n'est donc une propriété topologique.*

J'indiquerai, pour finir, une transposition de la quasi-convexité aux ensembles ponctuels ordinaires. *Un tel ensemble sera dit localement quasi convexe, si tout segment de droite joignant deux de ses points est une contingente de l'ensemble en chacun de ces points.* Un tel ensemble est nécessairement dense en soi et le contingent en un point quelconque est un ensemble parfait de demi-droites, ce qui impose à l'ensemble des conditions très particulières de structure.

([1]) Voir par exemple KURATOWSKI, *Fund. Math.*, 18, 1932, p. 154.

TOPOLOGIE. — *Sur les espaces discrets.*
Note de M. **Paul Alexandroff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Nous entendons, dans cette Note, par *espace topologique* un ensemble E d'éléments quelconques, dans lequel certains sous-ensembles, dits *ensembles fermés*, sont choisis de façon que les conditions suivantes soient vérifiées :

A. La partie commune (le *produit*) d'un nombre quelconque (fini ou infini) et la somme d'un nombre fini d'ensembles fermés sont des ensembles fermés.

B. L'ensemble vide et l'espace entier sont fermés (¹). Les ensembles fermés étant choisis, leurs complémentaires sont appelés ensembles *ouverts*. Des ensembles ouverts contenant un élément de l'espace E s'appellent *voisinages* de cet élément. La *fermeture* $\overline{A}$ d'un ensemble quelconque $A \subset E$ est par définition le produit de tous les ensembles fermés contenant A.

2. Cela posé, appelons *espace discret* tout espace topologique dans lequel la somme d'un nombre quelconque (non nécessairement fini) d'ensembles fermés est un ensemble fermé. Dans un espace discret D, chaque élément p est contenu non seulement dans un ensemble fermé minimal (fermeture $\overline{p}$ de p), mais aussi dans un ensemble ouvert minimal Op qui est le produit de tous les ensembles ouverts contenant p. Les ensembles $\overline{p}$ et Op sont dits *ensembles élémentaires*, fermés et ouverts. Nous considérons, en outre, comme ensembles élémentaires (fermés et ouverts en même temps) l'ensemble vide et l'espace entier.

Nous supposons de plus que notre espace D vérifie l'*axiome de séparation* suivant indiqué par M. Kolmogoroff : pour deux éléments distincts p et p' les ensembles $\overline{p}$ et $\overline{p'}$ sont eux aussi distincts. Il en résulte sans peine que les ensembles Op et Op' sont, dans ce cas, aussi distincts.

On vérifie facilement : si $p' \subset \overline{p}$, alors $Op' \supset p$. Deux espaces discrets sont appelés *réciproques* s'il existe entre les éléments des deux espaces une correspondance biunivoque telle que, si $p_1 \subset \overline{p}_2$ dans D, on a pour les

(¹) Ces espaces sont introduits par M. Kuratowski (*Fund. Math.*, 3, 1922, p. 182); cf. aussi Hausdorff, *Mengenlehre*, Berlin et Leipzig, 1927, p. 227.

éléments correspondants de D' la relation $p'_2 \subset \bar{p}'$. On obtient l'espace réciproque à D en considérant Op comme fermeture de p.

3. Un système S d'ensembles M quelconque peut être considéré comme un espace discret D, si l'on convient de dire que l'élément M_1 de D est dans la fermeture de l'élément M_2 de D, si l'on a, pour les ensembles M_1 et M_2, la relation $M_1 \subset M_2$. On obtient l'espace réciproque en renversant dans la dernière relation le signe d'inclusion. Inversement, tout espace discret correspond de cette manière à un système d'ensembles. On peut exprimer le même fait en disant que *les espaces discrets ne sont que des ensembles partiellement ordonnés.*

4. Axiome multiplicatif. — *Le produit d'un nombre quelconque* (fini ou infini) *d'ensembles élémentaires fermés est un ensemble élémentaire fermé.*

Il en résulte que le produit d'un nombre quelconque d'ensembles élémentaires ouverts est un ensemble élémentaire ouvert : ce sera l'ensemble Op_0, où p_0 est défini par la propriété que $\bar{p}_0$ est le produit de tous les ensembles élémentaires fermés contenant les $\bar{p}$ correspondant aux Op donnés; $\bar{p}_0$ est nommé *somme algébrique* des $\bar{p}$.

5. Axiomes des dimensions. — *Toute suite bien ordonnée,*

(1) *Décroissante,* (2) *Croissante,*

d'ensembles élémentaires fermés distincts entre eux est finie.

Chacun des deux axiomes contenus dans cet énoncé permet d'attribuer à chaque élément de D un nombre ordinal, qui sera nommé dans le cas (1) la *dimension* $d(p)$, dans le second cas la *contre-dimension* $c(p)$ de l'élément p.

Les éléments à dimension nulle ou les *sommets* de D sont les éléments fermés $(p = \bar{p})$; les éléments à contre-dimension nulle sont les éléments ouverts $(p = Op)$. Si les deux axiomes de dimension sont remplis, la dimension et la contre-dimension de tout élément de D sont finies et liées par la relation $d(p) + c(p) = d(q)$, q étant un élément ouvert de dimension minimum et tel que $\bar{q} > p$.

6. Dans nos espaces D, deux opérations commutatives, associatives et réciproquement distributives se trouvent définies pour un aggrégat quelconque d'ensembles élémentaires fermés : la multiplication et l'addition algébrique (nos 1 et 4). L'espace discret D peut donc être envisagé comme une sorte d'algèbre booleienne généralisée (1). On obtient le *premier*

(1) *Verband* au sens de M. Fr. Klein, *Math. Ann.*, 106, 1932, p. 116.

axiome de la base en exigeant que les sommets de l'espace (c'est-à-dire ses éléments fermés) forment une base (par rapport à l'addition algébrique) de l'algèbre booleienne en question. Cela veut dire : un élément quelconque de l'espace est univoquement déterminé par les sommets de sa fermeture.

Théorème. — *Tout espace discret ne contenant qu'un nombre fini d'éléments et vérifiant l'axiome multiplicatif et le premier axiome de la base est homéomorphe à un espace discret* D *dont les éléments sont des polyèdres situés dans un espace euclidien à un nombre assez grand de dimensions; dans l'espace* D *un élément* p' *appartient à* $\overline{p}$ *si le polyèdre* p' *fait partie du polyèdre* p.

Second axiome de la base. — *Il existe, pour tout ensemble de sommets* U *appartenant à un même* $\overline{p}$, *un élément* p' *tel que l'ensemble des sommets de* $\overline{p}$ *est précisément l'ensemble* U.

Un espace discret vérifiant ces axiomes s'appelle *espace simplicial;* un élément à n dimensions d'un espace simplicial contient dans sa fermeture exactement $n+l$ sommets. Les espaces simpliciaux sont donc identiques avec les *champs de sommets* (1) dans lesquels on sait édifier l'*Analysis situs* combinatoire.

Les espaces finis vérifiant le premier axiome de la base, et dont les espaces réciproques sont simpliciaux, méritent d'être étudiés d'une manière approfondie.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines opérations du type elliptique.* Note de M. **Georges Giraud.**

Considérons une opération du type elliptique

$$\mathcal{F}\,u = \Sigma_{\alpha,\beta}\, a_{\alpha;\beta} \frac{\partial^2 u}{\partial x_\alpha\, \partial x_\beta} + \Sigma_\alpha b_\alpha \frac{\partial u}{\partial x_\alpha} + cu \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, m;\ m \geqq 2).$$

On entend par *solution fondamentale* ou par *solution élémentaire* toute fonction $G(X, \Xi)$ de deux points de l'espace, devenant infinie d'une certaine façon quand X tend vers Ξ, et qui satisfait à l'équation $\mathcal{F}_X G = 0$, sauf quand X est en Ξ (2). Cette définition ne détermine pas G. Mais on a

(1) *Eckpunktbereich*, P. Alexandroff, *Einfachste Grundbegriffe der Topologie*, Berlin, 1932, p. 34.

(2) *Bull. Sciences math.*, 56, 1932, p. 248 à 272, 281 à 312, 316 à 352, et *errata* p. 384; spécialement Chap. I, § 14, p. 270. Noter aussi la définition généralisée de $\mathcal{F}$, Chap. I, § 2, p. 252.

prouvé que certaines opérations $\mathcal{F}$ admettent une et une seule solution fondamentale G, définie dans tout l'espace, et tendant vers zéro, plus rapidement qu'une certaine fonction exponentielle décroissante de la distance L des deux points, quand L augmente indéfiniment. Par exemple cela a lieu si toutes les fonctions $a_{\alpha,\beta}$, b_α, c sont continues et bornées, les bornes inférieures de $-c$ et du déterminant des $a_{\alpha,\beta}$ devant en outre être positives (on suppose que $a_{1,1}$ est positif); enfin les fonctions $a_{\alpha,\beta}$ doivent remplir des conditions de Lipschitz d'exposant h [1]. La fonction G qui correspond à une opération $\mathcal{F}u - \chi u$, où χ est choisi de façon à assurer l'existence de G, convient pour résoudre les problèmes relatifs à l'équation $\mathcal{F}u = f$ [2].

Nous voulons indiquer une proposition analogue, relative au cas où, les hypothèses sur les coefficients $a_{\alpha,\beta}$ et b_α étant remplies, la fonction c s'annule à l'infini. Le symbole O est celui de M. Landau [3].

Nous supposons que c est partout continu et $\leqq 0$, *et qu'on a*

$$a_{\alpha,\beta}(X) - a_{\alpha,\beta}(Y) = \begin{cases} O[L^h(X, Y)], \\ O[L^h(X, Y)\,L^{-h}(O, X)\,L^{-h}(O, Y)], \end{cases}$$

$$b_\alpha(X) = O[L^{-1-h}(O, X)], \qquad c(X) = O[L^{-2-h}(O, X)] \qquad (0 < h \leqq 1);$$

enfin, pour $m = 2$, *nous écartons le cas où c serait identiquement nul. Alors il existe une solution fondamentale* $G(X, \Xi)$ *qui, pour* $m \geqq 3$, *tend vers zéro quand, un des points restant fixe, l'autre s'éloigne indéfiniment; pour* $m = 2$, G *tend vers une limite positive, dépendant de la position du point fixe.*

Ces hypothèses entraînent que les $a_{\alpha,\beta}(X)$ ont des limites quand X s'éloigne indéfiniment; un changement linéaire de variables nous ramène au cas où la limite est *un* pour $\alpha = \beta$, et *zéro* pour $\alpha \neq \beta$. Posons

$$P(X) = 1 + \Sigma_\alpha x_\alpha^2, \qquad P(X)\,x'_\alpha = x_\alpha, \qquad P(X)\,x'_{m+1} = 1, \qquad r = \sqrt{x'_{m+1}},$$

et regardons l'opération $\mathcal{F}_1 v = r^{-m-2}\,\mathcal{F}(r^{m-2} v)$ comme relative à un point qui varie sur l'hypersphère $x_1'^2 + x_2'^2 + \ldots + x_{m+1}'^2 = x'_{m+1}$. Les fonctions analogues aux $a_{\alpha,\beta}$ remplissent sur l'hypersphère des conditions de Lipschitz; les fonctions analogues aux b_α sont continues en tout point autre que celui où l'on a $r = 0$, et elles valent

---

(1) *Loc. cit.*, Chap. II, p. 286 et suiv. On notera qu'au paragraphe 8, page 299, on doit, dans la formation de H, et là seulement, remplacer k par une constante.

(2) *Loc. cit.*, Chap. IV et V. On pourrait remplacer G par certaines fonctions de Green, relatives à des domaines plus vastes que le domaine donné; mais G peut servir à former ces fonctions de Green.

(3) $z = O(y)$ signifie que z/y est borné.

$O(r^{h-1})$; la fonction analogue à c, continue pour $r \neq 0$, vaut $O(r^{h-2})$. La théorie générale est applicable à cette opération $\mathcal{F}_1$ (¹). En particulier il existe une fonction de Green relative à cette opération pour l'hypersphère entière; soit $H(X, \Xi)$ cette fonction de Green, exprimée au moyen des coordonnées $x_1, \ldots, x_m$ de X et des coordonnées analogues pour Ξ, l'élément d'arc de l'hypersphère étant choisi comme invariant fondamental. La fonction

$$G(X, \Xi) = r^{m-2}(X)\, r^{m-2}(\Xi)\, H(X, \Xi)$$

est celle dont l'énoncé annonce l'existence.

Si, pour $m = 2$, c est identiquement nul, tout constante est, sur la sphère entière, solution régulière de l'équation homogène. On peut alors introduire une fonction de Green au sens élargi, d'où l'on déduit une solution de l'équation homogène, possédant la singularité voulue au point Ξ, et une singularité analogue située à l'infini; cette dernière fonction n'est pas entièrement déterminée par ces conditions. Les fonctions de Green au sens élargi peuvent aussi s'introduire, pour toute valeur de m, quand la fonction c est positive en certains points, le reste des hypothèses antérieures étant maintenu.

L'énoncé peut être élargi. Soient L une variable positive, et $\omega_0(L)$ une fonction croissante, telle que les fonctions

$$\omega_1(L) = \int_0^L \frac{\omega_0(t)}{t}\, dt \qquad \text{et} \qquad \omega_2(L) = \int_0^L \frac{\omega_1(t)}{t}\, dt$$

existent, c'est-à-dire telle que $\omega_0(t) \log t / t$ soit sommable dans un intervalle commençant à $t = 0$. Alors il suffit qu'on ait

$$|a_{\alpha,\beta}(X) - a_{\alpha,\beta}(Y)| < \omega_1(L'), \qquad |a_{\alpha,\beta}(X) - a_{\alpha,\beta}(\infty)| < \omega_0[L^{-1}(O, X)],$$
$$|b_\alpha(X)| < L^{-1}(O, X)\,\omega_0[L^{-1}(O, X)], \qquad 0 \geqq c(X) > -\, L^{-2}(O, X)\,\omega_0[L^{-1}(O, X)],$$

pour que nos conclusions subsistent; L′ est la distance des points qui correspondent à X et à Y sur l'hypersphère (²). On peut aussi atteindre des cas où les b_α et c ne seraient pas bornés au voisinage de certaines variétés à $m - 1$ et à $m - 2$ dimensions.

(¹) (*a*) *Ann. de la Société polonaise de Math.*, **12**, 1933, p. 35 à 54. (*b*) La singularité de la fonction c oblige ici à compléter le travail précédent; voir *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 885 à 887.

(²) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1001 à 1003.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination de l'intervalle de contraction de la formule de la moyenne.* Note (1) de M. **G. Mihoc**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. M. Pompéiu a montré que dans la formule de la moyenne

$$\int_a^b f(x)\,\varphi(n)\,dn = f(\xi)\int_a^b \varphi(n)\,dn,$$

l'intervalle de variation (a, b) de ξ peut se réduire, pour les polynomes, à un intervalle inférieur (α, β), $(a < \alpha < \beta < b)$. L'intervalle (α, β) irréductible, nommé intervalle de contraction, a été déterminé pour la première fois par M. Tchakaloff (2) pour la classe des polynomes de degré plus petit qu'un certain nombre n. En reprenant la question dans le but de chercher le principe d'une méthode pour la détermination de l'intervalle de contraction, nous avons montré que la détermination de cet intervalle est un simple corollaire du problème des moments de la théorie des probabilités. Voici quelques applications de cette méthode.

2. Dans le problème général des moments, la succession $S_i = \int_a^b x^i \varphi(n)\,dn$ étant donnée, on peut toujours trouver n masses positives p_i et n valeurs réelles et distinctes x_i, pour lesquelles on ait

$$\sum_{i=1}^{n} p_i x_i^k = S_k \qquad (k = 0, 1, 2, \ldots, 2n-1). \tag{1}$$

Les valeurs x_i $(x_1 < x_2 < \ldots < x_n)$ sont les racines du polynome $P_n(x)$ déterminé par les relations d'orthogonalité

$$\int_a^b P_m(x)\,P_n(x)\,\varphi(x)\,dx = 0 \qquad (m \neq n).$$

Si nous tenons compte de (1), nous avons, pour chaque polynome $Q(x)$ du degré $(2n-1)$,

$$\frac{\int_a^b Q(x)\,\varphi(x)\,dx}{\int_a^b \varphi(x)\,dx} = \frac{\sum_{i=1}^{n} p_i Q(x_i)}{\sum_{i=1}^{n} p_i} = Q(\xi), \tag{2}$$

(1) Séance du 6 mai 1935.
(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 31-33.

où ξ est compris entre x_1, x_n, étant donné que $Q(\xi)$ est la moyenne des valeurs $Q(x_i)$.

En particulier, le polynome $Q(x)=(x-x_1-\varepsilon)(x-x_2)^2\ldots(x-x_n)^2$ admet, d'après (2), un ξ compris entre x_1 et $x_1+\varepsilon$ et aucun entre $x_1+\varepsilon$ et x_n. De même, $Q(x)=(x-x_1)^2\ldots(x-x_{n-1})^2(x-x_n-\varepsilon)$ admet un ξ compris entre x_n et $x_n-\varepsilon$ (et aucun entre x_1 et $x_n-\varepsilon$), cela si petit que soit ε. (α, β) est donc l'intervalle de contraction cherché.

3. Dans le cas des polynomes pairs, on part du système étudié par M. G. Castelnuovo

$$(3)\qquad \sum_{i=1}^{n} p_i x_i^{2n-1}=\int_{2n-1}+\lambda, \qquad \sum_{i=1}^{n} p_i x_i^{k}=\int_{k} \qquad (k=0, 1, \ldots, 2n-2),$$

dans lequel λ est une constante arbitraire et $x_1, x_2, \ldots, x_n$ $(x_1 < x_2 < \ldots < x_n)$ sont les racines du polynome $P_n(x)+\lambda P_{n-1}(x)$. En employant les formules (2), on montre que les (x_1, x_n) sont des intervalles de contraction, quel que soit λ.

4. Le résultat obtenu dans le cas des polynomes pairs se généralise de la manière suivante :

Les nombres entiers et positifs $a, b, \ldots, l$ $(a < \ldots < l)$ étant donnés, considérons les fonctions

$$(4)\qquad F(x)=\alpha x^a+\beta x^b+\ldots+\lambda x^l,$$

où $\alpha, \beta, \ldots, \lambda$ sont des constantes arbitraires.

Soit $2n-1$ le nombre impair immédiatement supérieur ou égal à l. Considérons un ensemble de valeurs $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_{2n-1}$ qui vérifient les conditions classiques de la théorie des moments pour que le système

$$(5)\qquad \sum_{i=1}^{n} p_i x_i^{k}=\lambda_k \qquad (k=0, 1, 2, \ldots, 2n-1)$$

admette des solutions positives pour les ρ_i et distinctes et réelles pour les x_i.

Les valeurs λ doivent en outre vérifier les conditions

$$(6)\qquad \lambda_0=S_0, \qquad \lambda_a=S_a, \qquad \lambda_b=S_b, \qquad \ldots, \qquad \lambda_l=S_l.$$

L'intervalle x_1, x_n est tel qu'à son intérieur on trouve toujours au moins un ξ, correspondant à la fonction $F(x)$. On obtient ainsi une infinité multiple d'intervalles, parmi lesquels quelques-uns sont plus petits que l'intervalle de contraction correspondant au polynome général du $(2n-1)$ degré. Dans certains cas, on montre que l'on trouve ainsi des intervalles de contraction.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Quelques remarques sur l'électrodynamique de Born et Infeld.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans l'électrodynamique de Born et Infeld [1] on envisage deux tenseurs de champ $(\vec{B}, \vec{E})$ et $(\vec{H}, \vec{D})$ qui satisfont aux équations de forme maxwellienne

$$(1)\qquad \begin{cases} \operatorname{rot}\vec{H} - \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = 0, & \operatorname{div}\vec{D} = 0, \\ \operatorname{rot}\vec{E} + \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0, & \operatorname{div}\vec{B} = 0, \end{cases}$$

auxquelles on adjoint les équations qui relient deux vecteurs d'espace aux deux autres par l'intermédiaire d'une fonction d'action. En particulier, pour quantifier le champ, on doit choisir pour vecteurs de base les vecteurs $\vec{D}$ et $\vec{B}$, dans quel cas la fonction d'action s'identifie avec la densité d'énergie U, et l'on a

$$(2)\qquad \vec{E} = \frac{\partial U}{\partial \vec{D}}, \qquad \vec{H} = \frac{\partial U}{\partial \vec{B}}.$$

La formulation de la théorie quantique s'obtient en considérant les grandeurs $\vec{D}$ et $\vec{B}$ comme des nombres — q, obéissant aux règles de commutation de Heisenberg et Pauli,

$$(3)\qquad \begin{cases} [B_k, \overline{B}_e] = [D_k, \overline{D}_e] = 0, \qquad [D_k, \overline{B}_k] = [B_k, \overline{D}_k] = 0, \\ [D_1, \overline{B}_2] = -[B_1, \overline{D}_2] = 4\pi \frac{\partial}{\partial z}\delta(r - r'), \qquad \dots \end{cases}$$

On peut remarquer que la nécessité de scinder les tenseurs de champ s'impose déjà dans les équations (1), comme on le voit en introduisant les grandeurs complexes

$$(4)\qquad \mathcal{E} = E + iH, \qquad \mathcal{D} = D + iB.$$

---

[1] M. Born, *Proc. Roy. Soc.*, **143**, 1934, p. 410; M. Born et L. Infeld, *Proc. Roy. Soc.*, **144**, 1934, p. 425 et **147**, 1934, p. 522; *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1297.

Dans ce cas, les équations (1) et (2) prennent la forme suivante :

$$(1') \qquad \mathrm{rot}\,\mathcal{E} + \frac{1}{ic}\frac{\partial \mathcal{D}}{\partial t} = 0, \qquad \mathrm{div}\,\mathcal{D} = 0,$$

$$(2') \qquad \mathcal{E} = \frac{\partial(2U)}{\partial \mathcal{D}^*} \qquad (\mathcal{D}^* = D - iB),$$

et les relations de commutation peuvent s'écrire

$$(3') \qquad \begin{cases} [\mathcal{D}_k \overline{\mathcal{D}}_e] = 0, \qquad [\mathcal{D}_k \overline{\mathcal{D}}_k] = [\mathcal{D}_k \overline{\mathcal{D}}_k^*] = 0, \\ [\mathcal{D}_1 \overline{\mathcal{D}}_2^*] = 8\varpi i \frac{\partial}{\partial z} \delta(r - \bar{r}), \qquad \ldots. \end{cases}$$

On constate que la grandeur complexe, des composantes $i(\vec{E} + i\vec{H})$, $(\vec{D} + i\vec{B})$, se transforme comme un tenseur dérivant d'un potentiel-vecteur complexe $\mathcal{A}$.

Les relations de commutation, relatives à $\mathcal{D}$ et $\mathcal{A}^*$, ne font pas intervenir la dérivation partielle de la fonction singulière de Dirac δ. Dans le cas d'un champ électromagnétique contenu dans une enceinte close, on peut développer $\mathcal{D}$ et $\mathcal{A}^*$ suivant un système orthogonal et, après avoir choisi convenablement les axes, faire subir aux amplitudes la transformation canonique de Dirac

$$(5) \qquad a_k \rightarrow N_k^{\frac{1}{2}} e^{i\frac{\theta_k}{h}}, \qquad a_k^* \rightarrow e^{-i\frac{\theta_k}{h}} N_k^{\frac{1}{2}}.$$

Étant donné que U est une fonction symétrique de $\mathcal{D}$ et $\mathcal{D}^*$ on trouve, d'une manière analogue, que dans l'électrodynamique quantique de Heisenberg et Pauli, que l'expression de l'énergie du champ contient *des termes infinis*, provenant de la somme $\Sigma h\nu/2$, termes qui se présentent même en l'absence de tout photon.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la classification des pertes énergétiques d'après le rôle des opérations irréversibles.* Note de M. **Jean Villey.**

1. On a classé [1] les *pertes énergétiques* des évolutions motrices monothermes d'après la *nature* des opérations irréversibles et leur *localisation* dans l'évolution considérée.

Le *rôle* que jouent dans l'évolution les opérations réversibles en cause a

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1383.

conduit d'autre part M. Jouguet à distinguer des *pertes essentielles* et des *pertes accessoires*. La présente Note vise seulement à éclairer cette distinction et à la compléter eu égard aux possibilités d'agir sur ces pertes.

2. La perte sera dite *essentielle* si l'opération irréversible en cause fait partie fondamentalement et théoriquement de l'évolution motrice, et *accessoire* dans le cas contraire.

On pourra de plus distinguer, dans l'une et l'autre catégorie, des *pertes inévitables* et des *pertes théoriquement annulables*, ou plus succinctement *pertes annulables*. Ces dernières peuvent d'ailleurs rester, en pratique, plus importantes que certaines pertes inévitables.

Une perte essentielle ne peut être annulable que si l'opération qui la provoque peut être rendue réversible. On peut concevoir au contraire d'annuler une perte accessoire, soit en supprimant, soit en rendant réversible, l'opération qui la provoque.

3. Éclairons ces distinctions dans le cas de la machine à vapeur à réaction statique (machine à cylindre et piston).

4. La *perte à la combustion* est une perte essentielle *inévitable*, car on ne peut pas rendre la combustion réversible.

Soient T la température de combustion des gaz du foyer, $\mathfrak{T}'$ leur température à l'évacuation, $\mathfrak{T}$ la température de la chaudière, Θ' celle du condenseur (vapeur), et Θ celle de l'atmosphère, Q_1 la chaleur reçue par la chaudière et Q_2 la chaleur enlevée au condenseur.

On a forcément $T > \mathfrak{T}$, sans quoi le rendement du foyer serait nul ($T - \mathfrak{T}' = 0$ entraînant $Q_1 = 0$); et $\mathfrak{T} > \Theta'$, sans quoi le rendement du cycle serait nul, d'où résulte $\mathfrak{T}' > \Theta$ puisque $\mathfrak{T}' \geqq \mathfrak{T}$ et $\Theta' \geqq \Theta$.

La *perte au chauffage* ($T > \mathfrak{T}$) et la *perte par les fumées* ($\mathfrak{T}' > \Theta$) sont donc elles aussi des pertes essentielles *inévitables*.

La perte au condenseur ($\Theta' > \Theta$), qui est également une perte essentielle, est par contre théoriquement *annulable* en réduisant la vitesse du fonctionnement, et par conséquent celle du flux Q_2 pour faire tendre ($\Theta' - \Theta$) vers zéro.

5. Les pertes par frottements dans la machine sont *accessoires* ou *essentielles* suivant que l'on considère comme but de l'évolution la production du travail brut $\mathfrak{W}$ sur le piston, ou du travail utile W sur l'arbre moteur. Elles sont *inévitables* dans le cas des frottements solides, même lubrifiés, où les forces ne tendent pas vers zéro en même temps que la vitesse.

6. Envisageons maintenant les *pertes accessoires* relatives à la réalisation effective du cycle moteur.

Les pertes par *échanges de chaleur avec la paroi* sont *inévitables;* car les variations de température de la vapeur au cours de sa détente entraînent forcément à certains moments des écarts de température entre elle et la paroi qu'elle baigne.

La perte par disparition de *faux-équilibre de sursaturation* est *annulable* en réalisant des détentes lentes pour éviter la sursaturation.

Dans les pertes par *écoulements irréversibles*, il y a lieu de faire une distinction. Les pertes par *laminages et frottements* sont annulables parce que la chute de pression qui les provoque tend vers zéro avec la vitesse d'écoulement. Au contraire, les pertes par *détente tronquée*, ou par *espace nuisible*, qui correspondent à des chutes de pression déterminées indépendamment de la vitesse de fonctionnement, sont des pertes *inévitables* pour les machines qui les comportent.

Les pertes correspondant aux *flux de chaleur* cédés à l'atmosphère par les *parois du moteur* ou les *parois extérieures du foyer* sont des pertes accessoires *annulables*, non plus par suppression de la chute de température, mais par suppression du flux lui-même au moyen d'un revêtement calorifuge, qui augmente au contraire l'écart des températures.

7. Si l'on passe au cas de la turbine à action, l'écoulement rapide de la vapeur devient un élément fondamental de l'évolution motrice. Les pertes qu'il provoque cessent donc d'être des pertes accessoires pour devenir des *pertes essentielles*. Elles seront *inévitables* si elles sont inséparables de la notion d'écoulement rapide (frottements, sursaturation par détente rapide).

SPECTROSCOPIE. — *Un spectre d'émission de la molécule* CSe. Note de MM. **B. Rosen** et **M. Désirant**, présentée par M. Charles Fabry.

En étudiant les spectres d'émission de la vapeur de sélénium [1], excitée par ondes entretenues, nous avons observé un nouveau système de bandes dû, selon toute évidence, à la molécule CSe. Le tube en quartz contenant le sélénium possédait un dépôt de carbone provenant de la décomposition, dans la décharge, de l'oxyde de carbone ayant fait l'objet de recherches antérieures; ce dépôt était suffisant pour produire dans la décharge le

(1) Les résultats relatifs à Se^2 paraîtront dans les *Bull. Acad. roy. de Belgique*, classe des Sciences, 21, avril et mai 1935.

système de bande en question pendant un temps pratiquement illimité. Le sélénium utilisé dans cette recherche contenait des traces de soufre; le spectre de CS, étudié récemment par Crawford et Shurcliff à grande dispersion (¹), était présent sur tous nos clichés avec une grande intensité. La répartition des intensités (très différente dans le cas du CS de celle observée précédemment avec d'autres sources d'excitation) est la même pour les deux spectres; l'analyse vibrationnelle des bandes était grandement facilitée par cette répartition, la bande OO étant de beaucoup la plus intense dans le spectre. Cette répartition caractéristique des intensités, que nous avons observée dans l'étude de différents systèmes de bandes excités par ondes entretenues à des pressions très faibles, fera l'objet d'une publication détaillée qui paraîtra ultérieurement. Comme source d'excitation nous avons fait usage d'un générateur d'ondes entretenues du type Esclangon-Bouty; comme spectrographe nous avons utilisé un appareil Jobin Yvon, type Zélande, donnant une dispersion de 14 Å/mm aux environs de 3000 Å.

Tableau I.

	n''.								
n'.	0.		1.		2.		3.		4.
0	35145 35091	1037	34108	1017	33091				
	827		827		820				
1	35972	1037	34935	1024	33911 33840	1008	32903		
			835				827		
2			35770				33730	988	32742
							850		
3							33580 ?		

Nous donnons au Tableau I le schéma de vibration que nous avons établi pour le système de bandes que nous attribuons à la molécule CSe; la précision des mesures ne dépasse pas 5 cm^{-1} pour les bandes les plus intenses. L'analyse de Crawford et Shurcliff a démontré que le système de bandes observé dans CS est dû à un passage $^1\Pi \rightarrow {}^1\Sigma$; la « température effective » de la vapeur étant très basse (elle devait être sensiblement égale à la température des parois du tube contenant le sélénium), la branche R de ce système avait l'aspect d'une raie fine. Dans les bandes de CSe la séparation des branches n'est pas aussi parfaite que dans celles de CS, mais l'aspect

(¹) *Phys. Review*, 45, 1934, p. 860.

général et l'analogie complète avec le système de CS montrent qu'il s'agit certainement du même passage $^1\Pi \rightarrow {}^1\Sigma$. Le schéma que nous venons de donner ci-dessus montre l'existence d'une perturbation dans les premiers niveaux de vibration de l'état excité de CSe, perturbation analogue à celle observée dans le cas de la molécule CS. Le Tableau II montre la comparaison entre les valeurs des constantes des systèmes analogues de CO, CS et CSe.

TABLEAU II.

Molécule.	Système.	ν_e.	ω''.	ω'.	$x\omega''$.	$x\omega'$.
CO.......	$^1\Pi \rightarrow {}^1\Sigma$	64765	2167,4	1516,7	12,70	17,24
CS.......	$^1\Pi \rightarrow {}^1\Sigma$	38912,5	1285,1	1072,3	6,00	10,5
CSe......	$^1\Pi \rightarrow {}^1\Sigma$	35250	1037	830	8	?

Nous espérons pouvoir étudier, dans un avenir prochain, le spectre de CSe à grande dispersion afin de pouvoir calculer la chaleur de dissociation de cette molécule et examiner les perturbations observées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches expérimentales sur les constantes physiques de l'eau lourde. La variation de la température de fusion en fonction de la pression.* Note de MM. **Jean Timmermans** et **Louis Deffet**, présentée par M. Georges Urbain.

La découverte de l'isotope de masse 2,013 de l'hydrogène, appelé deutérium, a orienté un grand nombre de recherches vers son composé oxygéné : l'oxyde de deutérium ou eau lourde (D_2O).

Nous nous sommes proposé de déterminer diverses constantes physiques de ce composé, en utilisant les méthodes employées au Bureau International des Étalons physicochimiques et au laboratoire de Chimie physique de la Faculté des Sciences de l'Université libre de Bruxelles.

Nous comparerons nos résultats avec ceux que nous obtiendrons pour l'eau ordinaire dans les mêmes conditions.

Nous sommes en possession de 10^g d'eau lourde pure à 100,0 pour 100, préparée par *The Ohio Chemical and Mfg C°* (Cleveland, U. S. A.) et contenue dans dix ampoules en pyrex renfermant chacune 1^g de substance.

Nous avons vérifié la pureté de ce corps d'après les deux critères suivants :

1° La différence entre les températures de fusion de chacune des dix fractions ne dépasse pas la précision de nos mesures, qui est de l'ordre de un ou deux centièmes de degré.

2° La fusion ou la congélation sous pression élevée s'effectue suivant un palier extrêmement net.

Nous avons commencé nos recherches par l'étude de la variation de la température de fusion et de congélation sous l'action de la pression. Cette mesure a été effectuée suivant une méthode décrite récemment [1], qui consiste à déterminer la pression de fusion à température constante, observée quand on laisse revenir lentement à la pression ordinaire un système préalablement comprimé.

Quelques modifications y ont été apportées à cause de l'extrême hygroscopicité de l'eau lourde.

Les appareils ont été séchés très soigneusement par un courant d'air sec et chaud et rincés au moyen du contenu d'une ampoule d'eau lourde.

Nous avons utilisé 7^g de substance qui ont été transvasés dans une ampoule en verre de 15^{cm^3}. Nous avons effectué cinq cristallisations successives dans le vide, afin de chasser complètement l'air dissous dans le liquide. Ensuite, la substance a été introduite par distillation, dans une ampoule en acier. Toutes les opérations ayant été effectuées dans le vide, l'eau lourde n'a été au contact de l'air que pendant une durée très courte de l'ordre de quelques secondes.

A chacune des températures, nous avons fait au moins quatre mesures : deux par fusion et deux par cristallisation. A 0°, nous avons exécuté dix mesures successives. Dans chaque cas nous indiquons la moyenne de la pression de fusion. L'erreur sur ces valeurs ne dépasse pas ± 1 kg/cm² :

Température (degrés).	3,82	3,00	2,00	0,00	−2,00	−4,00	−5,00
Pression (kg/cm²)....	1	113	241	488	726	948	1051
dt/dp (degré par kg)..	−0,0074	−0,0078	−0,0081	−0,0084	−0,0090	−0,0096	−
dp/dt (kg par degré)..	−136	−128	−123,5	−119	−111	−103	−

La température de congélation s'abaisse par l'augmentation de la pression, ce qui montre que, de même que pour l'eau ordinaire, les cristaux de l'eau lourde possèdent un volume spécifique plus grand que celui du liquide.

Nous nous proposons de déterminer la variation de volume à la fusion afin de calculer la chaleur latente de fusion.

A ces résultats nous avons comparé ceux que nous avons obtenus pour l'eau ordinaire :

---

[1] L. Deffet, *Bulletin de la Société chimique de Belgique*, 44, 1935, p. 42.

Pression (en kg/cm²).	Température (en degrés).			dp/dt.		
	D^2O.	H^2O.	Δ.	D^2O.	H^2O.	Δ.
1.....	3°,82	0°,00	3°,82			
				−132	−130	2
250.....	1,93	−1,93	3,86			
				−123	−118	5
500.....	−0,11	−4,05	3,94			
				−118	−111	7
750.....	−2,21	−6,31	4,10			
				−109	−104	5
1000.....	−4,50	−8,72	4,22			

La courbe de fusion de l'eau lourde est donc sensiblement parallèle à celle de l'eau, quoique son inclinaison soit un peu plus faible. La légère courbure est à peu près la même dans les deux cas. Les inclinaisons des deux courbes calculées d'après le rapport des températures absolues de fusion sous 1000 et sous 1 kg/cm² (δ) sont presque identiques : 1,030 pour l'eau lourde et 1,032 pour l'eau ordinaire.

Nous avons recherché l'existence des formes polymorphes depuis la pression atmosphérique jusqu'à 1100 kg/cm², de 5 en 5°, à partir de —30° jusqu'à la température de fusion de l'eau lourde. Nous n'avons pas observé de modification polymorphe dans cette région de pressions et de températures.

PHYSICOCHIMIE. — *Spectre d'absorption du gaz chlorhydrique liquéfié dans l'ultraviolet lointain.* Note de MM. **Robert Tréhin** et **Boris Vodar**, présentée par M. Charles Fabry.

Une série de mesures a été faite précédemment (¹) sur le spectre d'absorption de l'acide chlorhydrique entre 2816 et 2170 Å dans diverses conditions de concentration et de température, par la méthode de photométrie photographique. L'étalonnage était effectué par rapport à l'eau. Il a paru intéressant d'étudier de la même manière le spectre d'absorption du gaz chlorhydrique liquéfié.

Le mode de préparation de ce dernier a été indiqué antérieurement. Les principales difficultés des expériences actuelles consistaient à éliminer les hydrates qui troublent le liquide et à le conserver pendant un temps suffisant.

Pour obtenir un liquide parfaitement transparent, nous avons dû effec-

(¹) R. Tréhin, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 774; 195, 1932, p. 1269.

tuer une distillation dans le vide en condensant le gaz à l'état liquide. Afin que cette opération ne soit pas trop lente, il est avantageux de provoquer la condensation au voisinage du point de fusion de ClH(— 110°C.). Nous sommes arrivés à ce résultat en prenant comme réfrigérant de l'éther de pétrole refroidi à la température convenable, en y plongeant un récipient métallique dans lequel on envoie un jet réglable d'azote liquide ([1]). Un couple thermo-électrique permet de suivre l'abaissement de la température.

Pour conserver le gaz liquéfié, nous avons utilisé une cuve entourée latéralement d'une enveloppe annulaire où l'on introduira un réfrigérant convenable. L'ensemble est placé à l'intérieur d'un cylindre vide d'air. Ce dispositif évite à la fois un réchauffement trop rapide et le dépôt de buée sur les faces traversées par la lumière. La cuve, son enveloppe et le cylindre protecteur sont en silice fondue transparente.

Le choix du réfrigérant est imposé par la nécessité de maintenir la température entre des limites telles que le gaz liquéfié ne se solidifie pas et n'entre pas en ébullition. Le protoxyde d'azote liquide, qui bout à —90°C. sous la pression normale, nous a permis de résoudre le problème.

Le gaz chlorhydrique liquéfié est injecté dans la cuve par un siphon capillaire calorifugé sous la pression du gaz lui-même.

Résultats. — Le gaz chlorhydrique liquéfié est plus absorbant que sa solution aqueuse saturée ou même que sa solution aqueuse à $8^{mol},5$ par litre dont l'absorption est maximum à toute température. Le tableau suivant donne leurs coefficients d'extinction (densités optiques sous 1^{cm} d'épaisseur) pour quelques longueurs d'onde.

λ.	ClH liquéfié à —90°C.	ClH en solution aqueuse à 20°C.		λ.	ClH liquéfié à —90°C.	ClH en solution aqueuse à 20°C.	
		14 mol/lit.	8,5 mol/lit.			14 mol/lit.	8,5 mol/lit.
2816...	0,056	0,009	0,013	2335...	0,070	0,016	0,035
2632...	0,057	0,011	0,015	2300...	0,082	0,018	0,041
2500...	0,058	0,012	0,019	2265...	0,100	0,022	0,051
2455...	0,060	0,013	0,022	2230...	0,184	0,035	0,071
2410...	0,062	0,014	0,025	2200...	0,436	0,056	0,091
2370...	0,064	0,015	0,029				

Les données expérimentales acquises au cours des précédentes recherches ont conduit à admettre, dans les solutions d'acide chlorhydrique aux

([1]) Pour des raisons de sécurité, il est préférable d'employer l'azote plutôt que l'air liquide.

concentrations étudiées, la présence de deux sortes de particules absorbantes [1].

Le rôle des ions Cl^- (plus ou moins hydratés) demeure prépondérant dans les solutions étendues. Quand la concentration augmente, l'effet des autres particules se manifeste. On pense actuellement pour diverses raisons, qu'il existe dans les solutions concentrées, des associations ioniques selon les idées développées par Bjerrum. Les résultats ci-dessus ne sont pas incompatibles avec cette hypothèse.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Analyse spectrale quantitative du calcium et du baryum dans les alliages légers et les solutions, et influences diverses sur l'émission des raies.* Note de M. **Henri Triché**.

L'étude suivante faite sur l'initiative et avec le concours du Service technique et des Recherches de l'Aéronautique a eu pour but de trouver un mode de dosage pratique et très rapide du Ca dans les alliages légers, les résultats obtenus pouvant être étendus aux autres alliages. Les méthodes et l'appareillage électrique (transformateur 15000/110 volts) sont ceux qui ont été employés pour le dosage du silicium [2].

1° Le dosage a d'abord été fait sur des solutions de synthèse de chlorure de baryum, de chlorure de calcium et quelquefois de chlorures d'aluminium et de magnésium. On compare les raies 3933,67 Å Ca^+ et 3891,78 Å Ba^+ et l'on trouve (en employant une électrode d'or ou de préférence d'aluminium pur) que l'égalité d'intensité de ces deux raies est obtenue pour un rapport pondéral constant et égal à $Ba/Ca = 130$. Cette méthode permet le dosage du Ca jusqu'à environ 1/1000 dans les alliages et 5/100000 dans les solutions.

2° Pour avoir une rapidité et une sensibilité absolue plus grandes, on fait éclater l'étincelle entre l'alliage contenant le Ca et une solution ne contenant que du chlorure de baryum. Cette méthode, d'une extrême rapidité, présente l'avantage d'éviter la destruction de l'alliage, mais les conditions de l'opération doivent être assez bien définies. Quoi qu'il en soit, ces conditions (intensité dans le primaire du transformateur, température de la

---

(1) R. Tréhin, *Journal de Physique*, 7e série, 4, 1933, p. 440-456.
(2) Voir *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 419.

solution et éventuellement concentration en HCl) sont faciles à réaliser. L'égalité d'intensité est obtenue, pour un alliage contenant 0,3 pour 100 de Ca (dosé par la méthode précédente) et pour une solution de titre 0,9 à 19°. Pour faire des comparaisons correctes il faut examiner les clichés avec un assez fort grossissement et prendre une fente assez large, car la raie du Ba est plus large que celle du Ca.

En prenant l'intensité de la raie du Ca comme unité, l'intensité de la raie du Ba a été étudiée en fonction :

a. De la *température de la solution*; elle lui est proportionnelle entre 0° et 60°, une élévation de 5° produit une augmentation de 10 pour 100. On opèrera donc sur des quantités de solution assez grandes (50^{cm^3}), le temps de pose sera court (30^s) et l'agitation de la solution sera énergique.

b. De la *concentration en* HCl; elle croît au début proportionnellement au nombre de gouttes introduites dans la solution, puis ne croît plus que très lentement jusqu'au moment où le chlorure devient insoluble. L'intensité croît également avec l'intensité du courant dans le primaire du transformateur, mais toutes les mesures ont été faites avec un courant constant (3 A, 4).

Interprétation. — Ces résultats peuvent être expliqués par l'augmentation de la *conductibilité* de la solution et par suite par celle de l'étincelle et vraisemblablement par la diminution de la *tension superficielle*, car l'étincelle est un phénomène qui dépend des surfaces entre lesquelles elle éclate. Pour que l'étincelle jaillisse, il faut qu'il y ait rupture de la membrane capillaire élastique de la surface; il n'y a d'ailleurs aucune raison pour que les molécules de la surface seules prennent part au phénomène.

La tension superficielle apparaît donc comme jouant un rôle complexe : par la concentration de la couche superficielle et surtout par l'arrachement d'une partie de liquide qui sera d'autant plus importante que la tension superficielle sera petite. Ce rôle peut être étudié directement en ajoutant à la solution un corps organique actif qui modifie peu la conductibilité de la solution. Ainsi l'alcool isoamylique augmente l'intensité de la raie du Ba surtout si l'alcool forme des yeux à la surface et même forme une couche mince; la saponine produit le même résultat; le savon ordinaire ne se dissout pas et ne produit aucune modification. L'alcool éthylique ne produit pas une augmentation marquée (il abaisse peu la tension et n'est pas un électrolyte) s'il est bien mélangé, mais il en produit une très forte s'il se trouve à la surface et très concentré; il est alors enflammé par l'étincelle qui se subdivise en plusieurs branches. Les corps qui augmentent la tension

superficielle sont peu actifs, mais ce sont en général des électrolytes qui augmentent la conductibilité de la solution et par conséquent celle de l'étincelle; aussi, avec des additions de NaCl, $MgCl^2$, l'intensité est augmentée.

Deux facteurs semblent donc avoir une grande influence sur l'émission des raies : la conductibilité de l'étincelle, fonction de celle de la solution, et la tension superficielle de laquelle dépendent la concentration de l'étincelle et aussi la conductibilité de l'étincelle, si le corps actif brûle au voisinage de l'étincelle.

L'influence du premier facteur a été vérifiée directement en rendant l'atmosphère, où se produit la décharge, plus conductrice, sans changer la nature des électrodes : on dispose une flamme fine de gaz d'éclairage entre l'électrode métallique et la solution; l'étincelle prend le même aspect que lorsque la solution contient de l'alcool éthylique en forte concentration à sa surface; l'intensité est fortement augmentée.

En résumé, la dernière méthode sera employée de préférence, à la première, bien que certains facteurs aient plus d'influence sur les résultats. Si l'on prend les précautions indiquées, la précision sera la même dans les deux cas (environ 15 pour 100).

Obtention rapide de l'égalité d'intensité. — On emploie un appareil à secteurs tournants comprenant trois secteurs. On obtient quatre spectres juxtaposés et l'on compare par exemple l'intensité d'une raie du Ba d'un spectre à celles des raies du Ca des autres spectres ce qui donne treize comparaisons; pour un même essai on peut faire plusieurs spectres avec des ouvertures variables, on trouve ainsi l'ordre de grandeur du résultat; un deuxième essai (fait avec une autre concentration du métal auxiliaire) permet d'obtenir le résultat définitif. Soient C_{Ca}, C_{Ba} les concentrations, I_{Ca}, I_{Ba} les intensités du faisceau pour les deux raies considérées. Si l'on constate $I_{Ca} = I_{Ba}/n$, on a alors $C'_{Ba} = C_{Ba}/n$, C'_{Ba} étant la concentration en Ba qui donnera l'égalité d'intensité pour une concentration en calcium C_{Ca}. On suppose que dans un certain intervalle l'intensité est proportionnelle à la concentration (ceci est surtout vrai pour les faibles concentrations) et qu'elle est nulle lorsque celle-ci est nulle.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le pyrophosphate de zirconium.* Note de M. **Adrien Karl**, présentée par M. Georges Urbain.

Le pyrophosphate de zirconium est connu pour sa très faible solubilité dans les acides concentrés. Sa composition déterminée par Weibull (¹), correspond à $P^2O^7Zr.2H^2O$. On l'obtient par précipitation, en milieu fortement acide, d'un sel de zirconium par un phosphate alcalin.

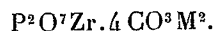
Cette propriété permet de séparer le zirconium de la plupart des autres éléments. En opérant dans certaines conditions cette séparation est quantitative et il est possible de peser le sel anhydre après calcination.

Ainsi que j'ai pu le déterminer d'autre part, ces séparations exigent, pour être rigoureuses, une concentration en acide minéral libre comprise entre des limites assez étroites.

Le pyrophosphate de zirconium est partiellement soluble dans les solutions d'acide orthophosphorique, ainsi que dans les phosphates alcalins. Il est d'autant plus soluble dans ces derniers que la liqueur se rapproche de la neutralité.

Ces études m'ont permis de mettre en évidence la solubilité de ce sel dans les carbonates alcalins qui, en liqueur concentrée et à l'ébullition, dissolvent rapidement le pyrophosphate, même s'il a été auparavant séché à l'étuve. Le sel fraîchement précipité s'y dissout nettement à froid. Par contre la présence de phosphates alcalins en diminue la solubilité.

Ces dissolutions laissent déposer par refroidissement un sel cristallisé, qui se présente en fines aiguilles groupées en houppes. On peut les séparer par essorage et les sécher sur l'acide sulfurique. Ces sels répondent à la formule



$$P^2O^7Zr.4CO^3M^2.$$

Les solutions de ce sel double peuvent être étendues sans présenter d'hydrolyse. Chauffés au rouge sombre ces sels ne fondent pas.

Dans ces dissolutions l'ammoniaque ne précipite pas complètement la zircone. Les oxalates alcalins n'y produisent aucun précipité. L'eau oxygénée précipite partiellement la zircone. Les acides les décomposent et l'on retrouve le phosphate primitif.

Les alcalis (soude ou potasse) précipitent intégralement le zirconate

---

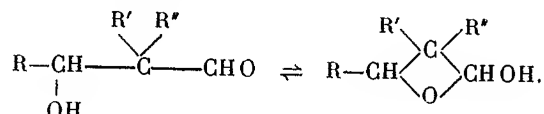
(¹) Weibull, *Acta Univ. Lund.*, II, 18, V, 34, 1881.

correspondant, alors que l'acide phosphorique reste entièrement en dissolution sous forme de phosphate alcalin. Le zirconate alcalin obtenu ainsi est pur.

Ces différentes réactions permettent de préparer de la zircone pure, en partant des mélanges que l'on obtient ordinairement par le traitement des minerais, c'est-à-dire en présence du fer et du titane.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution des aldols.* Note de M. **M. Backès**, présentée par M. Georges Urbain.

Au cours de nos recherches sur les aldols [1] nous avons été amené à penser que ces corps devaient exister sous deux formes tautomères : l'une, aldéhyde-alcool vrai; l'autre, β-époxanol,



Quand nous avons voulu caractériser, plus nettement que cela n'a été fait jusqu'ici, l'hydroxyle secondaire, nous n'avons obtenu que des résultats négatifs ou, du moins, non caractéristiques : les phényluréthanes et les esters allophaniques ne s'obtiennent pas. Un examen poussé de l'action du chlorure de benzoyle et du chlorure de *p*-nitrobenzoyle sur l'acétaldol, en présence de pyridine, nous a montré qu'on obtient seulement un produit d'addition du chlorure d'acide sur la pyridine : l'aldol reste inaltéré. Seul le chlorure d'acétyle a donné, en présence de pyridine, un dérivé acétylé dont la constitution reste à élucider. Il n'existe, en somme, aucun dérivé vraiment caractéristique de la fonction OH. D'ailleurs, le carbonyle aldéhydique aussi est masqué temporairement dans sa réaction la plus caractéristique : le réactif de Schiff se colore avec une extrême lenteur. La couleur obtenue n'est pas violacée comme celle obtenue avec les aldéhydes ordinaires. Son spectre d'absorption est assimilable à celui du rouge obtenu avec les aldoses [2].

La disparition du CO aldéhydique devait se faire remarquer par un

(1) M. Backès, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 277 et 1674; *Bull. Soc.*, 1, 1934, p. 167.

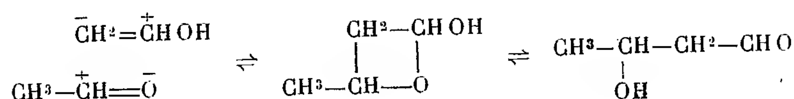
(2) P. Rumpf, Communication privée.

examen du spectre d'absorption dans l'ultraviolet. On sait que le CO aldéhydique donne une bande d'absorption ayant son maximum entre 2900-2940 Å dans les solutions anhydres. Nous avons fait cette étude sur l'acétaldol en solution dans l'alcool absolu et dans l'éther anhydre à la concentration N/100 et sous une épaisseur de 8^{mm}.

Il en résulte que l'aldol absorbe la lumière jusqu'à 2500 Å environ; au delà, la transparence augmente uniformément. En milieu aqueux et dans les mêmes conditions de concentration et d'épaisseur, l'aldol est moins transparent : il absorbe jusqu'à 2600 Å environ et présente la bande du carbonyle avec un maximum à 2800 ∓ 10 Å. Une trace de ClH augmente l'intensité de cette bande, tandis qu'une trace de pyridine la fait disparaître totalement. Il ressort de cette étude que l'équilibre aldol ⇌ β-époxanol est fortement déplacé vers la droite en milieu anhydre, vers la gauche en milieux aqueux.

Il est à prévoir que ce cycle β-époxanique est peu stable. Il s'ouvre facilement sous l'influence de beaucoup de réactifs pour conduire, soit à des dérivés dioxaniques comme les a obtenus Bergmann (¹), soit à des polymères supérieurs, soit enfin à des produits d'addition qu'on peut faire dériver aussi bien de la forme cyclique que de la forme acyclique : nous avons préparé ainsi les dérivés d'addition avec la diméthylamine et la pipéridine. Il est probable que l'hydroxylamine aussi réagit sur les deux formes indifféremment pour donner l'oxime.

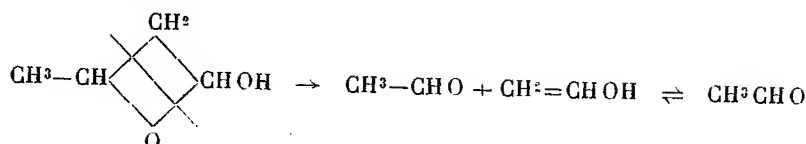
L'existence de la forme cyclique aide enfin à comprendre la formation et la décomposition des aldols. On sait que tous les agents d'aldolisation sont également des agents d'énolisation. En mettant en évidence les charges des deux formes, énolique et carbonylique, le mécanisme d'aldolisation serait le suivant :



C'est encore ce mécanisme qui régit la décomposition thermique des aldols; en effet, quand on chauffe un aldol gras, la réaction prépondérante n'est pas la déshydratation en aldol non saturé, comme on le croit généralement, mais il se décompose partiellement en deux molécules d'aldéhyde

(¹) M. Bergmann, A. Miekeley, *Ber. chem. Ges.*, 62, 1929, p. 2297.

initial d'après l'équation



Tous les aldols gras que nous avons examinés (acétaldol, propionaldol, isobutanalaldol, *n*-butanalaldol, heptanalaldol) nous ont fourni cette décomposition dans des proportions allant de 30 à 60 pour 100. A côté de cette scission aldéhydique on observe une polymérisation conduisant à des résines et une déshydratation conduisant à l'aldéhyde crotonique et aux acroléines substituées. Cette déshydratation ne peut se faire qu'à partir de la forme ouverte; elle doit donc se faire avec un bon rendement quand on opère en présence d'eau. En effet, nous avons obtenu l'aldéhyde crotonique avec un rendement de 65 pour 100 par simple chauffage de l'acétaldol avec de l'eau pendant une heure à 85-89°. C'est probablement là le mécanisme de la méthode de la préparation de M. Delépine (1).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la réaction des amines avec l'eau lourde.* Note de MM. **Paul Goldfinger** et **Wladimir Lasareff**, présentée par M. Georges Urbain.

G. N. Lewis (2) ainsi que Bonhœffer et Brown (3) ont montré récemment que l'ammoniaque se met instantanément en équilibre avec l'eau lourde pour former ND^3. Cette réaction a un intérêt particulier pour les amines. En effet J. Thomsen (4) avait proposé pour ces substances les formules du type (1) $CH^2 = NH^3$, $CH^2 = NH^2 - CH^3$; on devrait donc admettre, dans chacun des ions d'ammonium correspondants, au moins 3 atomes d'hydrogène équivalents et qui devraient s'échanger avec l'eau lourde; il serait même conséquent d'admettre, pour la mono- et diméthylamine, 3 et 6 ou 6 et 8 atomes H équivalents. (D'après Bonhœffer (5) l'albumine d'œuf n'échange que les H attachés à l'azote).

(1) *Comptes rendus*, **147**, 1908, p. 1317.
(2) *J. am. Chem. Soc.*, **55**, 1933, p. 3502.
(3) *Ztschr. f. phys. Chem.*, B. **23**, 1933, p. 171.
(4) *Thermochemistry*, 1908. Voir aussi V. Henri et W. Lasareff, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 829.
(5) *Ztschr. f. Elektrochemie*, **40**, 1934, p. 469,

Nous avons préparé des chlorhydrates d'amines, en partant d'amines pures et nous les avons dissous dans l'eau contenant environ 5 pour 100 d'eau lourde. Les transvasements ont été faits par distillation dans le vide, les déterminations de concentration par la microméthode de P. Goldfinger et L. Scheepers [1]. En mélangeant *a équivalents* d'eau ($H^2O + D^2O$) et *b molécules* d'une substance contenant *x atomes* H mobiles (la concentration naturelle des atomes de D = 1/6000 environ est négligeable), la concentration initiale c_1 en D^2O passera à c_2 et l'on aura : $c_1/c_2 = (a + bx)/a$.

Substance.	Mol.-gr. × 10^3 de substance (b).	Équivalents d'eau × 10^3 (a).	D^2O % avant (c_1).	D^2O % après (c_2).	D^2O % c_2 calculé d'après x théor.	Nombre d'atomes H échangés x théor.	Nombre d'atomes H échangés x expér.
Chlorhydrate de monométhylamine.	2,06	35,4	5,37 ±0,02	4,55 → ±0,02	3,98 → 4,57 →	6 3	3,1
Chlorhydrate de diméthylamine.	2,00	35,8	6,50 ±0,02	5,81 →	4,88 → 5,65 → 5,85 →	6 3 2	2,15
Acétate de sodium, après 60 jours.	2,93	85,4	7,60 ±0,05	7,60 ±0,05	–	–	–
Acétate de sodium, après 11 mois.	»	»	»	7,04	6,90	3	2,3

Le tableau montre que les concentrations finales en D^2O obtenues pour les amines après une demi-heure de contact (et qui ne changent pas après 48 heures) correspondent aux formules usuelles (II) CH^3NH^2, $(CH^3)^2NH$, donnant dans les ions 3 et 2 atomes H mobiles, ce qui est le nombre d'atomes H attachés à l'azote. Les faibles déviations des nombres entiers peuvent provenir des erreurs expérimentales, mais pourraient aussi être dues à ce que les constantes d'équilibre des réactions d'échange ne sont pas exactement égales à l'unité.

Bien entendu, un tautomérisme entre les deux formes est possible; la concentration correspondant à (I) serait toutefois excessivement petite [les arguments termochimiques de J. Thomsen demanderaient par contre une prédominance de la forme (I)]. En ce cas, les autres atomes H s'échangeraient excessivement lentement à la température ordinaire contre les atomes D. C'est, par exemple, ainsi pour CH^3COONa, pour lequel

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1916.

Bonhoeffer et Klar ainsi que Lewis et Schutz [1] n'avaient pas trouvé d'échange, tandis que nous avons trouvé un échange très lent. L'échange pourrait se faire par l'intermédiaire d'un ion $CH^2=C\langle^{O^-}_{O^-}$ analogue à celui du sel trisodique de l'acide tartrique [2].

Conclusions. — Lorsqu'on dissout les chlorhydrates d'amines dans l'eau lourde, il y a un échange rapide des atomes d'hydrogène; la mono- et diméthylamine échangent 3 et 2 atomes H, ce qui prouve que ce sont les atomes liés à l'azote et que les amines ont la formule classique; seule une fraction excessivement faible pourrait se trouver dans une forme correspondant à la formule de Thomsen.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherche sur les oxydes organiques dissociables. Le 1.1'-diphénylrubène* $C^{30}H^{20}$; *décomposition thermique de son photooxyde,* $C^{30}H^{20}O^2$. Note de MM. **Charles Dufraisse** et **Maurice Loury**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le 1.1'-diphénylrubène (I) vient se ranger normalement à la suite du triphénylrubène, précédemment décrit [3], dans la série des hydrocarbures allant du rubène primitif, tétraphénylé, au rubène privé de tout phényle et qui est encore inconnu.

On conçoit l'intérêt qui s'attache, pour la connaissance de l'oxydabilité réversible des corps organiques, à l'obtention de chacun des termes de cette série. Aussi, n'ayant pas réussi dans un premier travail à préparer par voie directe le diphénylrubène, nous avons consacré une nouvelle étude à l'obtenir par voie indirecte, la décarboxylation de l'acide 1.1'-diphénylrubène-3.3' dicarboxylique (II).

L'opération s'effectue en saponifiant l'ester éthylique dont nous avons fait connaître antérieurement la préparation et les propriétés [4] : dans les circonstances mêmes où il est libéré, l'acide est décomposé et se transforme en hydrocarbure.

---

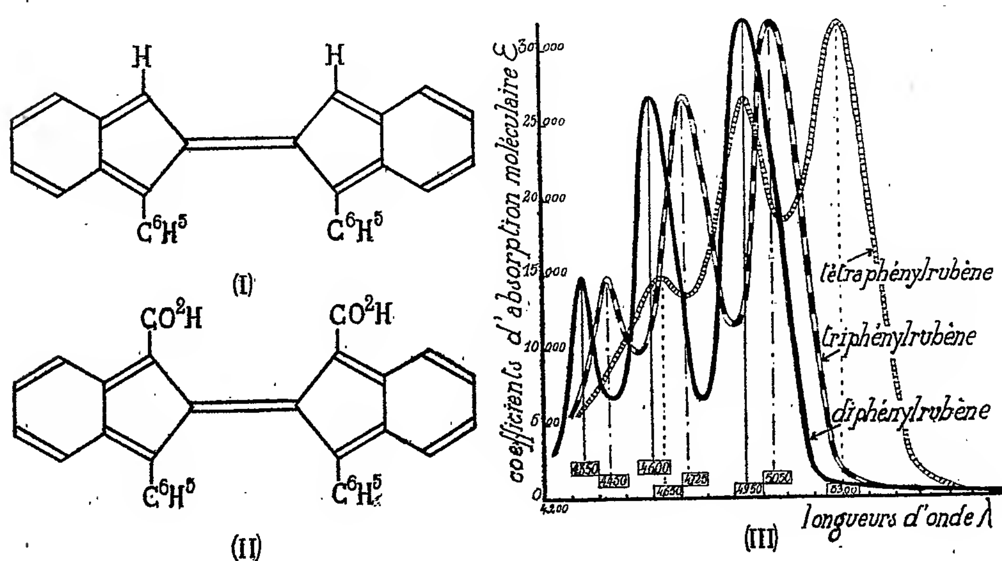
(1) *Naturwissenschaften*, 22, 1934, p. 45; *Ztschr. f. Physik. Chemie*, B. 26, 1934, p. 335; *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 493. Voir cependant Hall, Bowden et Jones, *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 750.

(2) Chr. Winther, *Ztschr. f. Physik. Chemie*, 56, 1906, p. 465 et 719. Voir aussi Th. Wagner-Jauregg dans *Stereochemie* de Freudenberg, 1933, p. 871.

(3) Charles Dufraisse et Marius Badoche, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 242.

(4) Charles Dufraisse et Maurice Loury, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 957.

Malheureusement l'ensemble du procédé est compliqué et n'aboutit qu'à une récolte minime. Il comporte les préparations successives d'oxalate neutre d'éthyle, d'oxalate acide d'éthyle, de chlorure d'éthoxalyle, de benzoylformiate d'éthyle, de phényléthynylphénylglycolate d'éthyle, de phényléthynylphénylchloracétate d'éthyle, et enfin de diphényldicarbéthoxyrubène. Les rendements oscillent entre 50 et 70 pour 100 dans ces diverses transformations, sauf dans la dernière, où ils tombent à 10 pour 100. De plus, il se produit une nouvelle perte, 50 pour 100, quand on décarboxyle, parce qu'il se forme, en quantités équivalentes, un produit



blanc en cours d'étude. Alors que 1^{kg} d'oxalate d'éthyle, condensé avec 534^g de benzène et 698^g de phénylacétylène, devrait fournir théoriquement 1301^g de diphénylrubène, l'état actuel de notre technique ne nous permet pas d'en attendre plus de 9^g, soit 0,7 pour 100 du rendement théorique global.

Cet hydrocarbure, qui fond à 301°-302° (bloc Maquenne), présente les caractères généraux des rubènes. Il est jaune vif à l'état cristallisé et donne des solutions jaunes, à fluorescence verdâtre, particulièrement intense. Son spectre d'absorption a le profil ordinaire ; il est simplement déplacé vers le violet par rapport à ceux des deux autres rubènes plus phénylés (*fig.* III), ce qui était à prévoir. Toutefois, le décalage est inférieur à celui que l'on aurait calculé en admettant pour l'enlèvement du deuxième phé-

nyle le même saut que pour le premier. On notera, en outre, que l'intervalle entre les bandes se creuse d'autant plus profondément qu'il y a moins de phényles dans la molécule; en d'autres termes, le départ des phényles circonscrit plus étroitement l'absorption autour des trois maxima caractéristiques.

Un important fait nouveau se présente en ce qui concerne l'oxydabilité réversible : l'oxydiphénylrubène, $C^{30}H^{20}O^{2}$, que rien n'écarte par ailleurs des autres photooxydes rubéniques, s'en distingue nettement en ce qu'il n'est pas dissociable. Formé, comme d'habitude, par photooxydation de l'hydrocarbure dissous, il est en cristaux incolores, fondant instantanément à 234°-235° (bloc Maquenne) et exempts de solvant. Chauffé, il se décompose rapidement vers 170°, en formant une résine rouge, *sans dégagement appréciable de gaz*. En conséquence, la chaleur n'occasionne à l'oxydiphénylrubène rien d'autre qu'un réarrangement interne, sans départ d'oxygène libre, tout comme s'il s'agissait d'un peroxyde ordinaire.

C'est, en somme, le retour à la règle générale de la matière carbonée : le diphénylrubène est le premier des rubènes décrits jusqu'à ce jour, qui ne manifeste plus cette véritable anomalie qu'est l'émission thermique d'oxygène par un oxyde organique.

On pourrait alors supposer que l'oxyde obtenu n'a pas la constitution des oxyrubènes dissociables. Nous ne le pensons pas, car, mis à part son refus de libérer de l'oxygène, cet oxyde a tous les caractères des oxydes dissociables, en particulier l'instabilité à la chaleur et la facile réduction en rubène initial, deux propriétés dont l'une le différencie des isooxyrubènes, thermostables, et l'autre d'isomères plus transformés.

Bien qu'elle ne dégage pas d'oxygène, la décomposition thermique donne cependant naissance à de petites quantités de rubène réduit, environ 4 pour 100, d'après les dosages spectrophotométriques. Ainsi donc, suivant une observation déjà faite [1], il ne suffit pas, pour déclarer dissociable un oxyde organique, de constater au chauffage une régénération partielle du support de l'oxygène, il faut, en outre, vérifier au moins que ce dernier a réellement quitté la masse à l'état libre [1].

En conclusion, la présence de deux atomes d'hydrogène sur les carbones 1 et 1′ (ou 3 et 3′) des rubènes suffit à supprimer la réversibilité de l'absorption d'oxygène.

---

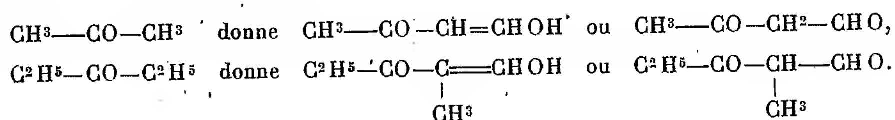
(1) CHARLES DUFRAISSE, *Soc. Chim.*, 53, 1933, p. 827. Voir aussi *Ve Conseil de Chimie Solvay*, 1934, p. 205-230, pour le critère de l'oxydabilité réversible des corps organiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse des bases quinoléiques à partir des dérivés oxyméthyléniques des cétones.* Note de M. **Marcel Romet**, présentée par M. Marcel Delépine.

De nombreux auteurs ont préparé des bases quinoléiques par déshydratation sulfurique des dérivés anilinés des dicétones. Claisen et Fisher (1) ont pensé que la même réaction s'appliquerait aux dérivés oxyméthyléniques des cétones qui représentent la forme énol des cétones adéhydes β; ces corps donnent, en effet, avec un bon rendement, des anilides bien cristallisés. Mais, par action de l'acide sulfurique sur la paratoluide et la β-naphtylamide de l'oxyméthylène-acétophénone, ils ont régénéré le produit initial sans pouvoir obtenir de quinoléines. Nous avons repris l'étude de la même réaction sur les dérivés oxyméthyléniques de cétones simples.

En traitant par l'acide sulfurique leurs dérivés anilinés, nous n'avons pu, comme Claisen et Fisher, que régénérer les corps primitifs. Par contre, par l'action du chlorure de zinc anhydre, soit à 129° en milieu isoamylique, soit en chauffant à 180° en milieu hétérogène, sans solvant, nous avons obtenu des bases quinoléiques.

Avec une cétone symétrique, il n'y a qu'une possibilité de formation du dérivé oxyméthylénique. Ainsi



$$CH^3—CO—CH^3 \text{ donne } CH^3—CO—CH{=}CHOH \text{ ou } CH^3—CO—CH^2—CHO,$$

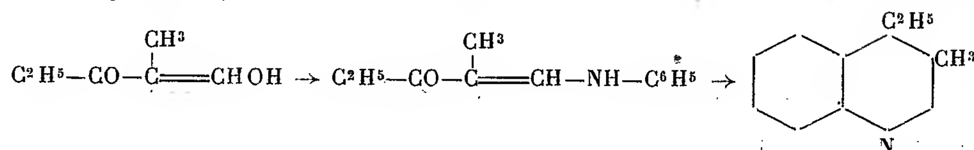
$$C^2H^5—CO—C^2H^5 \text{ donne } C^2H^5—CO—C(CH^3){=}CHOH \text{ ou } C^2H^5—CO—CH(CH^3)—CHO.$$

Auwers (2) a démontré par des mesures de spectres et de réfraction moléculaire que ces corps se trouvent, à froid, uniquement sous la forme alcool éthylénique. En tous cas, il semblerait que la constitution de ces corps devrait entraîner celle de leurs anilides qui s'obtiennent à froid par double décomposition d'une solution de sel de sodium et de chlorhydrate de base, et celle de la quinoléine obtenue par déshydratation. Ainsi, avec

(1) *Ber. chem. Ges.*, 20, 1887, p. 2193.

(2) *Liebigs Ann. der Chem. und Pharm.*, 426, 1922, p. 181.

la diéthylcétone, on devrait avoir les transformations suivantes :

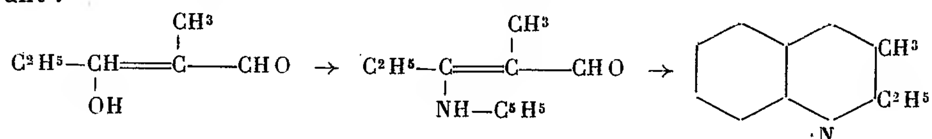


Or la cyclisation de l'anilide de l'oxyméthylène-diéthyl-cétone nous a fourni, après purification par l'anhydride acétique, une quinoléine cristallisée fondant à 56°, bouillant à 138-142° sous 12^{mm} (picrate, f. 187°; chloroplatinate décomposé à 250°), que nous avons identifiée avec la 2-éthyl-3-méthyl-quinoléine préparée synthétiquement (Döbnez et Miller). Cette base cristallisée, qui n'est pas le produit attendu, d'après les schémas précédents forme la majeure partie du produit de la réaction et est accompagnée d'une petite quantité de liquide ayant toutes les réactions des bases quinoléiques, et qui pourrait être la méthyl-3-éthyl-4-quinoléine attendue.

De même la paratoluide nous a donné de la 2-éthyl-3-6-diméthylquinoléine et 152-155° sous 13^{mm} cristallisée, f. 54°; picrate, f. 177°.

Enfin, pour les dérivés de l'oxyméthylène-acétone, l'anilide nous a conduit à la quinaldine, et la *p*-toluide à la 2.6-diméthylquinoléine cristallisée : f. 55°; picrate, f. 186-187°. Tous ces corps ont été identifiés avec des bases, préparées synthétiquement, et avec leurs dérivés.

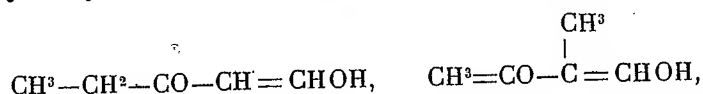
En résumé, nous avons pu réaliser la cyclisation des anilides et des *p*-toluides des oxyméthylène-cétones, mais les quinoléines que nous avons obtenues ont une constitution entièrement différente de celle à laquelle on pouvait s'attendre d'après la formule généralement admise pour ces anilides. Elles correspondraient à la fixation de —NHC^6H^5 sur le carbone cétonique, sous forme énolique, d'après le schéma de transformations suivant :



D'autres raisons nous donnent à penser que les dérivés oxyméthyléniques peuvent réagir sous cette forme, et nous nous réservons d'étudier plus complètement cette question.

Pour les cétones dissymétriques, la question se complique du fait qu'il y a deux possibilités de formation du dérivé oxyméthylénique, l'oxyméthylène se fixant d'un côté ou de l'autre de la fonction cétone. Ainsi, à partir

de la méthyl-éthyl-cétone, on pourrait avoir les deux corps suivants :



$$CH^3-CH^2-CO-CH=CHOH, \qquad CH^3=CO-\underset{}{\overset{\displaystyle CH^3 \atop |}{C}}=CHOH,$$

Claisen [1] se rallie à la première formule, tandis que Diels et Ilberg [2] se rallient à la seconde.

A partir du sel de sodium de l'oxyméthylène méthyl-éthyl-cétone, nous avons pu préparer deux anilides différentes : l'une, la moins soluble dans l'alcool, fond à 129-130°, et correspond à un dérivé signalé par Diels; l'autre, plus soluble dans l'alcool, fond à 96°. En traitant ces deux anilides par le chlorure de zinc, nous avons obtenu deux quinoléines différentes, dont la constitution reste à préciser.

LITHOLOGIE. — *Conclusions d'une étude lithologique des schistes cristallins de l'Oubangui-Chari central.* Note de M. **Jean Lombard**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Un petit nombre de roches de l'Oubangui-Chari ont été précédemment décrites dans de rares publications; mais ces descriptions ont toujours revêtu un caractère essentiellement individuel. Une reconnaissance géologique accomplie en 1933 dans cette colonie m'a permis de recueillir, en même temps que les données structurales nécessaires à son interprétation, une collection de roches dont l'étude microscopique et chimique aboutit aux conclusions qui suivent. Ces conclusions ne sont présentées que pour la zone étudiée, laquelle est limitée : à l'Ouest, par la rivière Kandjia; à l'Est, par la Rivière M'Bari; au Sud, par l'Oubangui-M'Bomou; au Nord, par le parallèle des Morouba.

La succession suivante ressort de l'ensemble des coupes relevées dans cette zone :

1° Les *quartzites ferrugineux* de la base sont caractérisés par l'abondance de la magnétite ou de l'oligiste; ce dernier minéral leur confère parfois le faciès localement dénommé *itabirite*. La teneur élevée en oxydes de fer s'atténue vers l'Ouest, où les roches appartenant par leur position au même horizon présentent les caractères d'un *quartzite grossier* dépourvu

(1) *Ber. chem. Ges.*, **21**, 1888, p. 1144.

(2) *Ber. chem. Ges.*, **49**, 1916, p. 160.

de minéraux spéciaux. Dans cette horizon s'intercale, au Sud de Roandji un important poudingue métamorphisé.

2° Au-dessus de ces quartzites, j'ai recueilli au nord-ouest de Roandji une roche composée exclusivement de *disthène* et de *sillimanite*. La roche est grisâtre, parfois bleuâtre, très dure; l'altération y fait saillir, d'un revêtement ferrugineux assez mince, de longs cristaux corrodés de disthène.

3° L'horizon des *gneiss* n'occupe peut-être pas rigoureusement la même position stratigraphique à l'ouest et à l'est de la Waka; ses caractères pétrographiques sont, néanmoins, peu variables. Suivant une texture très généralement foliacée, sont arrangés : du mica blanc, en lames souvent grandes (variété donnant des teintes basses de polarisation); de la biotite, en lamelles plus fines; du quartz à extinction toujours onduleuse; un oligoclase acide associé à du microcline prédominant, souvent maclé Carlsbad et se présentant dans beaucoup de cas comme le produit de la fin. Cinq échantillons différents étudiés à la platine de Shand montrent un rapport quartz/feldspath compris entre 0,95 et 1,05. Les paramètres indiquent également une teneur très élevée en silice qui situe ces gneiss en marge du champ des orthoroches dans le tétraèdre de Niggli. En dehors de rares spécimens dans lesquels le même rapport est $\leqq 0,5$ et où la structure cataclastique domine, nous pensons être en présence de *paragneiss*.

4° Les *para-amphibolites* qui les surmontent sont des roches à structure granoblastique constituées par des feldspaths andésine-labrador (exceptionnellement bytownite), maclés albite et péricline, en proportion moyenne de 20 pour 100; du quartz rare (maximum, 2 à 3 pour 100); du grenat ou de la zoïsite (épidote), l'un et l'autre parfois très abondants; de la hornblende, associée ou non à des pyroxènes (augite et hypersthène) pour former une masse d'éléments fémiques atteignant 60 à 80 pour 100 du total des constituants. La composition chimique de ces roches les situe toutes dans le groupe IV de Grubenmann (éclogites et amphibolites).

5° Les *micaschistes* sus-jacents sont généralement très chloriteux; le grenat y apparaît localement avec abondance; certains horizons sont graphiteux. Quel qu'il soit, le matériel phylliteux est toujours très largement prédominant.

6° Les *quartzites* qui se placent ici sont plutôt remarquables par leur manque de caractères microscopiques particuliers. Ils sont généralement très feuilletés, blancs ou gris; ils se chargent localement de magnétite, surtout dans les régions sud-occidentales.

7° Les *schistes amphiboliques* (*à zoïsite*) qui affleurent largement autour

de Pouloubou sont des roches finement schisteuses constituées par du quartz microcristallin associé à de très fines aiguilles des deux minéraux cités. La chlorite y apparaît parfois. Localement, la cristallisation des silicates devient beaucoup plus large, et la roche passe à une amphibolite à zoïsite.

8° Ici se place un horizon de *quartzite saccharoïde* très grossier et friable, sans minéraux spéciaux.

9° Les *phyllades* du sommet de la série sont très quartzeux; le matériel phylliteux y est sériciteux ou charbonneux.

Le complexe ainsi décrit a donc subi un métamorphisme régional remarquablement homogène qui se situe : vers les confins de la méso- et de la catazone pour les horizons inférieurs, dans la mésozone pour les autres. Les roches n'ayant subi qu'un épimétamorphisme chimique ou dynamique sont rares. Aucune raison ne m'est apparue de faire, dans cet ensemble, une coupure stratigraphique, et aucun phénomène ne m'a paru nécessairement imputable au métamorphisme thermal (de contact).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *L'ergobasine, nouvel alcaloïde de l'ergot de Seigle, soluble dans l'eau*. Note de MM. **Arthur Stoll** et **Ernest Burckhardt**, présentée par M. Marcel Delépine.

Depuis les travaux classiques de Tanret sur l'ergotinine et l'ergostérine, l'ergot de Seigle s'est révélé une mine riche en substances intéressantes et, au cours de ces dernières années, il s'est agi surtout d'alcaloïdes tels que l'*ergotoxine* de Barger et Kraft, l'*ergotamine* de Stoll, ou de simples amines comme la *thyramine* et l'*histamine*, isolées par Barger et Dale.

Dans les solutions chloroformiques des alcaloïdes totaux, relativement diluées, il se dépose, dans un état déjà assez pur, un alcaloïde nouveau en quantité très faible d'environ $0^g,06$ par kilogramme de Seigle ergoté du commerce. Au cours de la fabrication industrielle de l'ergotamine et de l'ergotoxine, il a été possible d'extraire quelques grammes de cette substance nouvelle, à l'état pur et cristallisé.

D'autre part, des investigateurs anglais et américains viennent à leur tour de signaler l'existence de principes encore inconnus de l'ergot, jouissant de la propriété de provoquer une contraction rapide et puissante de l'utérus, notamment par voie gastrique. C'est ainsi que Dudley et Moir ont été conduits à un produit, qui semble un alcaloïde, auquel ils

ont donné le nom de *ergométrine*, dont la valeur thérapeutique nécessitera encore bien des expériences cliniques pour être définitivement fixée, et qui n'est pas identique à l'ergobasine.

Pour préparer celle-ci, on traite à l'eau la substance réduite en poudre fine, constituée par une préparation des alcaloïdes totaux de l'ergot; les autres alcaloïdes ne se dissolvent pratiquement pas dans l'eau. La substance aqueuse est alors épuisée assez lentement, par le chloroforme, et l'extrait chloroformique concentré et abandonné au repos, laisse l'alcaloïde sous forme cristalline qu'on peut purifier par recristallisation dans le trichloréthylène ou le benzène.

Une autre façon de séparer l'ergobasine réside dans sa solubilité extraordinairement faible dans le chloroforme. Si l'on reprend par ce dernier solvant une préparation d'alcaloïdes totaux, l'ergobasine, dès un certain degré de concentration, précipite sous forme cristalline au sein de la solution chloroformique, tandis que les autres alcaloïdes restent en solution.

L'ergobasine cristallise en prismes taillés plus ou moins à angle droit. La solution dans l'eau (1 pour 200 à 300) est alcaline au tournesol, d'une intense fluorescence bleuâtre. Très soluble dans les alcools éthylique et méthylique et facilement soluble dans l'éther acétique, cet alcaloïde l'est très peu dans le chloroforme : 1 pour 5000 à froid, 1 pour 750 à chaud.

Recristallisée dans l'alcool et séchée jusqu'à poids constant, l'ergobasine se ramollit à 159° et se décompose à 162°.

Le pouvoir rotatoire en solution aqueuse à 0,25 % est de $[\alpha]_D^{20} = +90°$.

Les solutions sont sensibles à la lumière et à l'air, ce qui implique sans doute des variations de teneur dans les préparations galéniques : une posologie exacte des substances sympathicolytiques de l'Ergot, ergobasine, ergotoxine, ergotamine, n'est possible qu'avec la substance pure.

Les réactions de précipitation de l'ergobasine *avec les réactifs généraux* des alcaloïdes sont positives et permettent toutefois, à cause des concentrations nécessaires, de la distinguer de l'ergotamine. Ces deux alcaloïdes seuls parmi tous les autres, extraits de l'Ergot, donnent des sels cristallisés.

De très nombreuses analyses effectives permettent d'attribuer à l'ergobasine la formule brute $C^{19}H^{23}O^{2}N^{3}$, tandis que celle de l'ergotinine est $C^{35}H^{39}O^{5}N^{4}$ et de l'ergotamine $C^{33}H^{35}O^{5}N^{5}$.

En somme, l'ergobasine mérite une étude pharmacologique approfondie; elle se rapproche à certains points de vue de l'ergométrine de Dudley et Moir, mais s'en distingue assez nettement puisque celle-ci est lévogyre et l'ergobasine dextrogyre. Une parenté constitutionnelle entre ces deux alca-

loïdes d'un côté et le groupe « Ergotonine-cryotamine » d'autre part, se laisse prévoir du fait de la similitude de leur degré d'hydrogénisation ainsi que des réactions de coloration et de leur action analogue sur la musculature de l'utérus.

ANTHROPOLOGIE. — *Le parallélisme céphalo-hématique et ses conséquences au point de vue de la race.* Note de M. **René Martial**, présentée par M. Jean Charcot.

L'anthropologie a été, jusqu'à la découverte des groupements sanguins, une science morte comme les langues mortes. A propos de *La Race française*, nous avons montré comment les groupements sanguins peuvent y être introduits. Le fait nouveau que nous apportons aujourd'hui vivifie cette science. Soit un peuple brachycéphale : les Arméniens. La répartition de leurs indices céphaliques, suivant les chiffres fournis par M. Kossovitch, est :

	Pour 100.
Hyperbrachycéphales	33,1
Brachy	16,7
Sous-brachy	16,9
Mésocéphales	18,6
Sous-dolichocéphales	8,3
Dolicho	4
Hyperdolicho	2,4

Leurs groupements sanguins sont : A = 40,3 pour 100, B = 16,6 pour 100, AB = 6,8 pour 100 et O = 36,3 pour 100. Ces deux séries de chiffres ne peuvent être interprétées que de la manière suivante : les mésocéphales représentent la transition entre les brachy. et les dolicho. Ces derniers cherchent à s'imposer parmi les brachy. Il faut donc compter les méso. avec les dolicho. La résistance des brachy. se change le plus souvent en offensive, car depuis des millénaires, les dolicho. reculent devant les brachy.

Dans cet exemple, le groupe O est celui de la race d'origine, il faut lui ajouter les B (brachy. et asiatiques) et les AB. On obtient alors le tableau comparatif suivant établi en partant de 380 observations :

Indices céphaliques.	%		*Groupements sanguins.*	%	
Hyperb.	= 33,1	66,7 %	O	= 36,3	59,7 %
Brachy.	= 16,7		B	= 16,6	
S. brachy.	= 16,9		AB	= 6,8	
Méso.	= 18,6	33,3 %			
S. dol.	= 8,3		A	= 40,3	40,3 %
Dol.	= 4				
Hyperdol.	= 2,4				

Indice du parallélisme : 66,7 − 59,7 = 7,0; 40,3 − 33,3 = 7,0

Il y a concordance absolue entre l'évolution de l'indice céphalique et celle du groupement sanguin. Prenons le cas d'un peuple dolichocéphale, en partant de 5309 observations prises sur les Marocains par M. Kossovitch.

Indices céphaliques.	%		*Groupements sanguins.*	%	
Hyperb.	= 0	6,9 %			
Brachy.	= 0,9		B	= 17,1	21,4 %
S.-bra.	= 2		AB	= 4,3	
Méso.	= 4				
S.-dol.	= 8,3	93,1 %			
Dol.	= 17,4		A	= 35,6	78,5 %
Hyperdol.	= 67,4		O	= 42,9	

21,4 − 6,9 = 14,5 parallélisme 93,1 − 78,5 = 14,6.

Nous avons vérifié ce parallélisme sur les Séphardis de Londres et de Turquie, sur les Juifs de la Russie du Sud et ceux de Francfort. Il est toujours absolu et ne comporte pas même 1/10e d'écart. Tout écart ne peut provenir que d'une erreur dans les calculs anthropométriques ou hématiques. L'indice du parallélisme constitue une preuve de leur exactitude, à condition que le nombre des sujets examinés soit le même pour les indices céphaliques que pour les groupements sanguins.

La grandeur de l'indice céphalo-hématique varie avec l'homogénéité de la race envisagée. Si une race avait d'un côté 100 brachycéphales et de l'autre 40 B et 60.0 = 100, par exemple, l'indice serait nul. Inversement, si l'on avait 100 dolichocéphales avec 60 A et 40 O, on aurait aussi un indice égal à O. Mais cela n'est jamais le cas, puisqu'il n'y a plus de race absolument pure; les races les plus pures : celles des Yucatèques du Yucatan (Mexique) 97,7 pour 100 de O, et celle des Peaux-Rouges qui compte

91,3 pour 100 de O, ont elles même subi déjà un peu le métissage des européens. Si l'on veut pratiquer des métissages harmoniques, il faudra d'abord écarter tous les AB et suivant que l'on aura affaire à une race d'origine brachy. ou d'origine dolicho., le O représentant la race d'origine, le métissage des premiers ne devrait avoir lieu qu'avec des B et celui des seconds qu'avec des A, les groupements A étant ceux des dolicho. et les B ceux des brachy. Encore faudra-t-il vérifier que parmi les A ou les B il n'existe pas quelque « masquant » suivant les lois de l'hérédité de Mendel.

Toute race vivante se compose de deux éléments : le groupe O, qui est celui de la race d'origine, et tantôt le groupe A, tantôt le groupe B suivant la nature dolicho. ou brachy. du groupe O. Les groupes A et B présents ensemble, impliquent l'idée de lutte biologique entre deux races.

ZOOLOGIE. — *Une fonction nouvelle de l'organe d'accouplement des Silicodermés.* Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'organe d'accouplement des Silicodermés est constitué, soit par un pénis, soit, plus souvent, par un pénis et une glande péniale; lorsque ces deux organes coexistent, le premier, comme nous l'avons vu dans une communication précédente [1], fonctionne comme un organe excitateur ou *éréthophore* (ἐρέθος, j'excite; φοράς, qui porte), le second comme un organe éjaculateur ou *spermophore* (σπέρμα, semence). De plus, le spermophore a encore comme fonction de transformer les spermatides en spermatozoïdes dans son épithélium plasmodial, qui joue le rôle des cellules de Sertoli ou des cytophores des Mollusques.

A ces fonctions multiples s'en ajoute une autre, qui n'avait même pas été entrevue jusqu'ici.

Les auteurs qui ont étudié les *Oncidiella :* Joyeux-Laffuie, Plate, Von Wissel, Hoffmann, avaient été très surpris de trouver en abondance dans la cavité du pénis des cristaux d'acide urique, et n'avaient pu expliquer ce fait singulier. L'explication est simple : chez tous les Silicodermés, il existe, du côté droit, entre le pied et le manteau, une gouttière ciliée, profonde et anfractueuse, qu'une crête pédieuse longitudinale peut plus ou moins fermer. On la considérait comme jouant un rôle dans la reproduction, à la

(1) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1941.

façon de la gouttière génitale des Aplysiidés et des Bullidés, et l'on croyait qu'elle réunissait l'orifice génital femelle à l'orifice de la glande pédieuse.

Mais il y a un canal déférent et, d'autre part, il n'est pas supposable, comme le croit Plate, que, dans l'autofécondation, si elle existe, le sperme va au pénis par le canal déférent, et que le pénis le renvoie par la gouttière à la poche copulatrice, à l'extrémité postérieure du corps.

Sur coupes sériées d'*Oncidiella*, j'ai reconnu que les rapports de la gouttière avaient été compris d'une façon erronée : le rein s'ouvre dans le rectum par une papille, où aboutissent deux cœcums; l'un à gauche, qui se termine en cul-de-sac; l'autre à droite qui est l'origine de la gouttière ciliée; celle-ci suit le sillon palléo-pédieux, remonte jusqu'au niveau du tentacule droit, se transforme en un canal qui s'ouvre dans le canal déférent, et, avec lui, passe dans la cavité viscérale pour aboutir au pénis. La gouttière fonctionne donc comme un *urèthre*, et le pénis est le terminus à la fois de cet urèthre et du canal déférent, comme chez les Mammifères. On comprend donc pourquoi les cristaux d'acide urique, qui bourrent les cellules rénales, se retrouvent dans le pénis des *Oncidiella*.

On peut s'étonner que le pénis des autres Silicodermés ne renferme pas d'acide urique. J'ai reconnu que la glande péniale renferme souvent une substance jaune ou orange, très résistante aux acides forts, mais qui n'est pas siliceuse; la réaction de la murexide s'est montrée négative. Il est possible, cependant, que se soit un produit d'excrétion différent de l'acide urique.

Au point de vue morphologique, c'est le canal déférent qui représente la gouttière génitale des Tectibranches; quant à la gouttière elle-même, elle pourrait représenter la fente de fermeture d'une cavité palléale postéro-droite de Tectibranche, qui se serait refermée par soudure de son plafond et de son plancher et aurait inclus dans le manteau le rein et le cœur : mais, en l'absence de renseignements embryologiques, ce n'est là qu'une hypothèse vraisemblable.

ZOOLOGIE. — *Division d'éléments cellulaires anucléés et hautement différenciés : multiplication, par scissiparité, des colloblastes de* Lampetia pancerina *Chun* (*Cténophores*). Note de M. **Robert Weill**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai montré [1] que, chez *Lampetia pancerina*, le colloblaste se différencie à partir d'une seule cellule, au noyau de laquelle une formation, peut-être centrosomienne (coiffe et granule sidérophile), relie le collopode, qui aurait ainsi la valeur d'un dérivé centrosomien. Dans cette sériation se rangent sans difficulté tous les stades de différenciation que montrent mes préparations. Mais j'y trouve en plus toutes les étapes d'un phénomène bien différent et beaucoup plus inattendu : c'est la division, par clivage longitudinal, de colloblastes complètement différenciés.

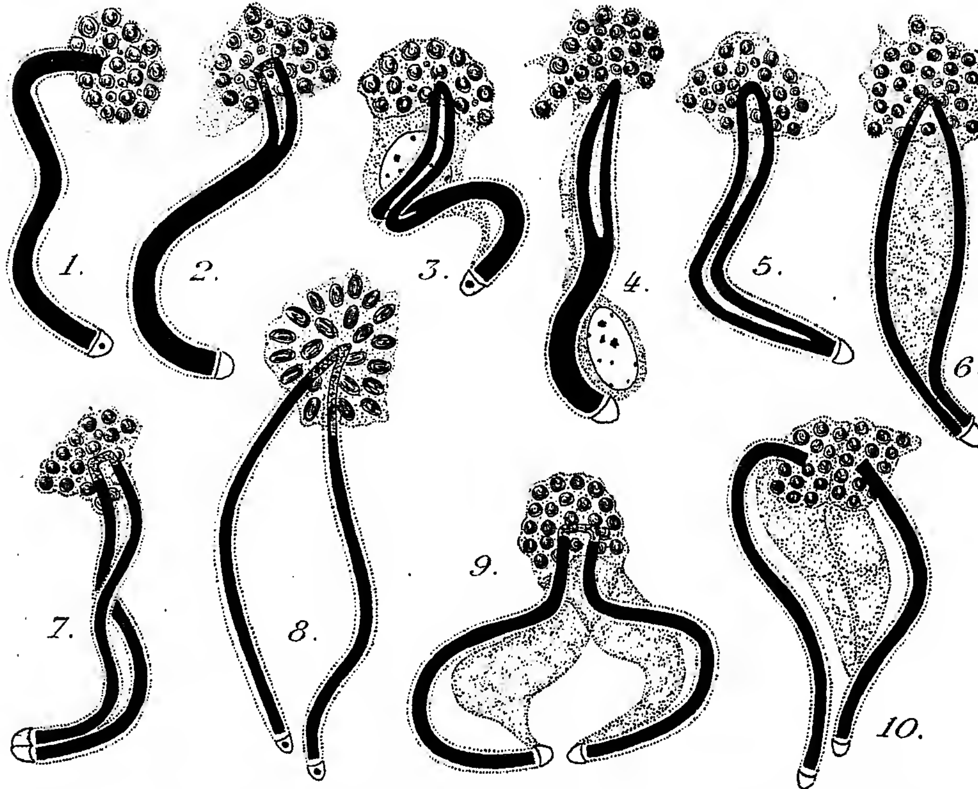
Le collopode, qui s'est épaissi (*fig*. 1), se clive tout d'abord dans sa partie distale (par rapport à son insertion tentaculaire), c'est-à-dire au niveau de la collosphère (*fig*. 2); mais les extrémités distales des segments clivés restent reliées, soit en un V plus ou moins aigu, soit par une petite barre transversale, qui, comme le sommet du V, se colore en général moins intensément (par le fer) que le reste du collopode. Ce clivage porte simultanément sur la gaine du collopode, il progresse jusqu'à l'extrémité proximale du collopode (*fig*. 3 à 6), affecte finalement la « coiffe » (*fig*. 7), et la collosphère encore unique porte alors deux collopodes, réunis encore par leurs extrémités distales, libres à leurs extrémités proximales (*fig*. 8 et 9). Finalement, leur joint se rompt à son tour, la collosphère se clive en deux (*fig*. 10), et l'on a obtenu ainsi deux colloblastes, que rien ne permet de distinguer du colloblaste originel; les deux collosphères filles, en particulier, ne paraissent pas être de volume réduit, mais il faudrait pouvoir compter avec précision le nombre des sphérules qui les composent, avant de pouvoir affirmer que ce nombre augmente au cours de la division du colloblaste.

J'ai indiqué (*loc. cit.*) que la partie indifférenciée du protoplasme, quelquefois avec le noyau, peut persister, au moins temporairement, dans le colloblaste adulte, mais que souvent, et peut-être toujours, l'un et l'autre finissent par disparaître. Les colloblastes en voie de division sont

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1628.

très généralement dépourvus de ce résidu protoplasmique; lorsqu'il subsiste, il finit par se diviser par clivage longitudinal. J'ai trouvé seulement deux fois (*fig.* 3 et 4) un résidu protoplasmique encore nucléé : le noyau ne prend aucune part à la division et doit, soit être rejeté, soit passer indivis dans un des colloblastes-fils.

Ces aspects sont loin d'être rares dans mes préparations; il ne me paraît



Lampetia pancerina. Division du colloblaste (voir le texte). Frottis; Bouin-Duboscq; hématox. ferr., éosine, vert lumière × 1735.

pas douteux qu'une bonne proportion de colloblastes se forme ainsi par multiplication scissipare. Rien ne permet encore de savoir si celle-ci peut porter successivement sur plusieurs générations de colloblastes, ou si elle n'affecte toujours que des colloblastes nouvellement différenciés.

Ce phénomène est remarquable à deux points de vue : 1° il semblait établi que la présence du noyau est indispensable à la division cellulaire, tant dans les conditions naturelles que dans les conditions expérimentales; 2° il semblait établi qu'aucun dérivé centrosomien ne se multiplie par

division, sauf peut-être, en certains cas, l'appareil parabasal, auquel rien ne permet jusqu'ici d'homologuer le collopode. A ces deux titres, la division des colloblastes représente un phénomène qu'il est difficile d'intégrer dans le cadre des notions dites acquises.

PHYSIOLOGIE. — *Régénération des ongles.*
Note de M. **Jules Amar**, transmise par M. Arsène D'Arsonval.

1. *Les ongles*, comme les cheveux et les poils, sont des formations épidermiques; et l'on admet généralement qu'ils résultent d'une *sécrétion de la couche malpighienne*, active sur toute la surface (*lit* de l'ongle) comme à la racine (*matrice*). La régénération unguéale, qui est en moyenne de $0^{mm},086$ par jour [1], est de $0^{mm},10$ entre 30 et 60 ans, diminuant ensuite vers $0^{mm},04$.

Une circonstance nous a permis de suivre cette régénération, et d'en comprendre le mécanisme. Il diffère sensiblement des idées courantes, et témoigne de l'uniformité des lois de la nature.

2. *Observation.* — Un homme de 50 ans eut l'index gauche écrasé (le 3 février 1935) : douleur très vive qui mit près de deux mois à disparaître tout à fait; ecchymose étendue rendant l'ongle complètement noir, puis marron foncé, à la manière habituelle des extravasa sanguins. Le 15e jour de l'accident, l'hématine de l'ecchymose occupa une place invariable, accusant la perte de vitalité et de croissance de l'ongle. A la racine de ce dernier, une inflammation un peu douloureuse se manifesta; et le 25e jour une lunule apparut, soulevant l'ongle mort, raccorni et devenu presque blanc, tandis qu'elle poussait devant elle le dépôt d'hématine. Une nouvelle formation unguéale était ainsi visible, que l'on suivait à la loupe par l'échancrure adroitement ouverte, et en certains points par transparence.

La vitesse de régénération est plus marquée du côté du petit doigt que du côté du pouce. L'ongle mort sautait par morceaux et se desquamait, ne subsistant que sous la forme d'un croissant terminal, large de 3^{mm} et adhérent aux bord latéraux [2]. Mais, soulevé à son bord libre, il a laissé voir

(1) Jules Amar, *Hygiène sociale*, p. 612 (Paris, 1927).

(2) Les zones d'adhérence finissent par se réduire à deux stries de 2^{mm} sur 1/3 de millimètre, *d'ultime régénération.*

partir le dépôt brun du sang extravasé, et surprendre *l'aspect de résine ou de cire* de l'extrémité supérieure de l'ongle en formation. Celui-ci est rouge sang au début, puis rose et rose blanchâtre, à sa base surtout, montrant son épaississement graduel en profondeur. Au 92e jour, trois mois après l'accident, le croissant de l'ongle mort tomba et l'ongle régénéré *apparut*, long de 12^{mm}, 50, soit 0^{mm}, 135 *par jour*.

3. La croissance des ongles, bien qu'ectodermique, est analogue à celle des os, qui est mésodermique : ici, *périoste* et *cartilage de conjugaison*, la *couche de Malpighi* et *matrice unguéale*, régissent la croissance en profondeur et en longueur. L'ongle se régénère d'*abord* par sa racine, et sa progression est *centrifuge*, comme un liquide visqueux qui coule lentement; elle est plus rapide du côté du petit doigt parce que la pesanteur y est favorisée par la position naturelle des mains et mêmes des bras. Les ongles croissent toujours plus vite de ce côté-là.

Quant à la substance unguéale ou *kératine*, elle prend contact au fur et à mesure avec la couche de Malpighi dont elle excite la prolifération. Mais celle-ci a pour siège initial le pli épidermique enfoncé dans le derme, exactement comme pour la formation du *poil*. L'ongle naissant est plastique, déformable; le gel colloïdal qui le constitue sèche et s'effrite à son bord frontal, restant semi-liquide en arrière. C'est l'état dit *thixotropique* en physique colloïdale, état transitoire après lequel l'ongle est consolidé par l'épaississement.

Ajoutons que ces résultats ont été obtenus en activant par des bains chauds et des frictions fréquentes la circulation du derme sous-jacent à l'ongle; et la desquamation du tissu malade était hâtée par des badigeonnages à l'alcool (*loc. cit.*, p. 95). Et l'on peut voir que l'ongle n'est pas du tout, comme on le déclare souvent, un tissu sans vitalité; c'est un tissu bien vivant au contraire, où se révèle la force de régénération de l'organisme.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le persicoside*. Note de MM. **Camille Charaux** et **Jacques Rabaté**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous (C. Charaux) avait isolé depuis longtemps un hétéroside de l'écorce de pêcher (*Persica vulgaris* Mill). Nous en avons récemment repris l'étude : ce produit est un hétéroside nouveau que nous avons nommé *persicoside* pour rappeler son origine : c'est le glucoside β de l'hespérétol.

Préparation. — Elle est très simple, cet hétéroside étant presque insoluble dans l'eau froide.

L'écorce, âgée de plus de 5 ans et prélevée sur des arbustes non greffés, est débarrassée de son suber, séchée à l'étuve, pulvérisée et épuisée, au bain-marie bouillant, par l'alcool à 90°. Les colatures alcooliques sont distillées à sec et reprises par une quantité d'eau égale au poids de plante mise en œuvre. La solution aqueuse est épuisée, par deux fois, avec son volume d'éther, puis, elle est placée en un lieu frais. Il ne tarde pas à se former des aiguilles incolores de persicoside que l'on recueille quand la cristallisation semble terminée. Le rendement est de $1^g,50$ de produit brut pour 100^g d'écorce sèche.

Purification. — Il est indispensable d'effectuer deux cristallisations du persicoside brut ainsi obtenu : la première, dans 10 fois son poids d'alcool à 60°; la seconde, dans 300 parties d'eau bouillante. Il ne faut, d'ailleurs, chauffer le persicoside, en présence d'alcool et, surtout d'eau, que pendant des temps très courts, les solutions jaunissant rapidement.

Le rendement est de $0^g,75$ de persicoside pur pour 100^g d'écorce sèche.

Propriétés physiques. — Le persicoside forme de longues aiguilles, d'apparence feutrée, sans odeur ni saveur. Il est très soluble dans l'alcool fort, la solubilité dans ce solvant diminuant rapidement avec le titre de l'alcool : il est peu soluble dans l'eau bouillante (1/300e environ) et presque insoluble dans l'eau froide.

Il cristallise anhydre et fond instantanément à + 258°-260° (bloc Maquenne). Son pouvoir rotatoire, déterminé en solution dans l'alcool à 85°, est de

$$\alpha_D = 112°,8 \qquad (\alpha = -2°;\ v = 6;\ l = 2;\ p = 0,0531).$$

Propriétés chimiques. — Le persicoside ne renferme pas d'azote; la lessive de soude le dissout en se colorant en jaune orange foncé ; l'acide sulfurique concentré le dissout également et se colore de la même façon quoique la teinte obtenue soit moins intense; le perchlorure de fer ne fournit pas de coloration.

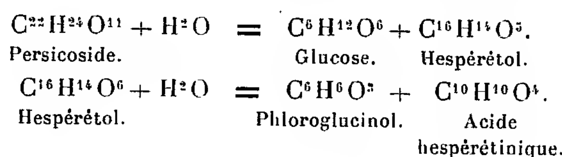
Hydrolyse. — Le persicoside est lentement hydrolysable par l'émulsine des amandes et, plus aisément, par l'acide sulfurique dilué (3 pour 100), à l'ébullition. Il se forme, au cours de ces hydrolyses, 39,5 pour 100 d'un sucre réducteur qui est du glucose (obtenu à l'état pur) et 64,1 d'un produit qui cristallise au cours de l'hydrolyse.

Ce corps forme de longues aiguilles incolores, insolubles dans l'eau,

même à l'ébullition; il est identique à l'hespérétol. En effet, il cristallise avec 1,15 pour 100 d'eau; il présente une première fusion à + 130° et se solidifie, puis il fond nettement à + 228°. Il est facile de le faire cristalliser dans l'acide acétique pur. Il présente les mêmes réactions que le persicoside avec la soude et l'acide sulfurique, mais les teintes obtenues sont plus intenses. Le perchlorure de fer colore une solution alcoolique diluée par de l'eau en rouge brun intense. Fondu avec de la potasse caustique, le produit fournit, d'une part, du phloroglucinol, d'autre part, un acide phénol, peu soluble dans l'eau froide, fondant à + 228°; c'est de l'acide hespérétinique (isoférulique).

Les propriétés physiques et chimiques de l'hespérétol et de l'acide hespérétinique ainsi obtenus sont identiques à celles des mêmes produits préparés à partir de l'hespéridoside.

D'ailleurs le persicoside et ses dérivés renferment un groupement méthoxylé; l'hespérétol renferme 3 atomes d'hydrogène actif et les analyses élémentaires nous ont conduit aux équations d'hydrolyses suivantes :



$$\underset{\text{Persicoside.}}{C^{22}H^{24}O^{11}} + H^2O = \underset{\text{Glucose.}}{C^6H^{12}O^6} + \underset{\text{Hespérétol.}}{C^{16}H^{14}O^5}.$$

$$\underset{\text{Hespérétol.}}{C^{16}H^{14}O^6} + H^2O = \underset{\text{Phloroglucinol.}}{C^6H^6O^3} + \underset{\text{Acide hespérétinique.}}{C^{10}H^{10}O^4}.$$

Le persicoside est différent de l'hespéridoside : celui-ci renferme une molécule de rhamnose en plus du glucose, commun à ces deux hétérosides.

Récemment, trois auteurs japonais [1] ont isolé de l'écorce de pêcher un hétéroside qui fournirait par hydrolyse un sucre qui serait du glucose et un produit non glucidique de formule $C^{15}H^{10}O^6$, fondant à + 278°, ne renfermant pas de groupement méthoxylé et fournissant un dérivé tétracétylé fondant à + 181°. Cet hétéroside, que nous n'avons pas rencontré au cours de nos recherches, est différent du persicoside, puisque l'hespérétol fond à + 228°, renferme un groupement méthoxylé et ne fournit qu'un dérivé triacétylé huileux.

---

(1) T. KARYONE, J. TAKADA et Y. YOSHIDA, *J. Pharm. Soc. Japan*, 49, 1929, p. 937-942.

BACTÉRIOLOGIE DES SOLS. — *Étude préliminaire en milieux synthétiques définis des facteurs culturaux nécessaires pour déterminer la fertilité du sol au moyen du* Sterigmatocystis nigra *Cramer*. Note (¹) de MM. **Auguste et René Sartory, Jacques Meyer** et **Frédéric Arnold**.

Au cours de nos travaux préliminaires ayant pour but d'étudier la possibilité de l'emploi du *Sterigmatocystis nigra* comme test dans la détermination de la fertilité du sol par la méthode de Niklas, nous avons employé un certain nombre de milieux différents afin d'étudier l'influence de la concentration en phosphore et en potassium sur la récolte de ce champignon par rapport à la variation des autres substances nutritives des milieux.

Nous avons ainsi pu établir que les milieux les plus favorables pour le dosage du phosphore et du potassium au moyen du *Sterigmatocystis nigra* doivent avoir une composition telle que les différentes substances nutritives s'y trouvent dans les limites suivantes pour 100^g de milieu :

Subtances nutritives.....	Saccharose.	Nitrate d'ammonium.	Carbonate de MgO.	Sulfate d'ammonium.	pH initial.
Limite inférieure....	4,7	0,27	0,027	0,01	1,90
Limite supérieure...	10	1,10	0,05	0,017	2,50

Il convient pour assurer une croissance satisfaisante d'ajouter à ces substrats des traces de sels de zinc et de fer agissant principalement comme catalyseurs.

Nous avons d'autre part examiné l'influence de la concentration en phosphore et en potassium par rapport à la teneur en autres substances nutritives sur la récolte de différents champignons inférieurs.

Par l'ensemble des résultats obtenus en employant le liquide de Raulin, nous avons constaté que l'influence de la concentration en phosphore et en potassium reste insignifiante dans ce milieu si l'on s'adresse à des organismes tels que le *Mucor spinosus* Van Tieghem et le *Cladosporium herbarum* Link.

Par contre, si l'on modifie le milieu en amenant sa concentration en sucre à 4,7 pour 100 et si on l'ajuste au pH = 2,2, il est possible de suivre l'influence des doses de phosphore et de potassium avec une précision intéressante. Les récoltes sont cependant peu abondantes pour ces deux organismes.

(¹) Séance du 29 avril 1935.

Des doses plus fortes en sucre et en azote occasionnent un retard très marqué dans l'évolution de ces champignons ubiquistes et semblent agir comme facteurs stérilisants.

Si l'on désire par conséquent se servir du *Sterigmatocystis nigra* pour établir la fertilité d'un sol par le dosage du phosphore et du potassium, il importe d'utiliser des solutions nutritives contenant de fortes proportions d'hydrates de carbone et d'azote, empêchant la poussée des microorganismes vulgaires qui peuvent se trouver dans les terres à examiner.

D'autre part la concentration du milieu nutritif de dilution doit être telle que l'addition de nouvelles substances-aliments provenant du sol à expérimenter ne puisse exercer une influence sensible sur la récolte du *Sterigmatocystis nigra*.

Il est d'autre part absolument indispensable d'utiliser un liquide nutritif de dilution dont la concentration en ions H est assez élevée : la solubilisation du phosphore et du potassium dépend de ce facteur. Dans un milieu de pH plus grand que 6, l'acide phosphorique et le potassium ne présentent qu'une solubilité faible et, suivant la quantité d'acide phosphorique en solution, le mycelium sera plus ou moins luxuriant. La teneur en acide phosphorique et en potassium dépend donc d'une part de la vitesse de l'assimilation du champignon et de l'autre de l'équilibre chimique du phosphore et du potassium du sol et des millieux de dilution.

L'influence de ce facteur sur le poids de la récolte du *Sterigmatocystis nigra* en rapport avec la concentration de phosphore et de potassium du milieu ressort de nos expériences résumées dans le tableau suivant :

		Poids récoltés après 5 jours (3 tubes).		Raulin neutre.		Raulin acide.	
K^2O.	P^2O^5.	Raulin neutre.	Raulin acide.	pH initial.	pH 5ᵉ jour.	pH initial.	pH 5ᵉ jour.
0	0	–	0,42	6,82	6,80	2,14	1,98
0,0010	0,0043	0,37	1,37	6,42	3,65	2,08	1,92
0,0021	0,0080	0,44	1,85	6,36	3,85	1,92	1,69
0,0054	0,0135	0,52	2,57	6,36	3,78	1,90	1,65
0,010	0,0215	0,60	3,15	6,15	4,22	1,85	1,61
0,0215	0,0430	1,74	3,38	5,62	4,55	1,92	1,54

Nous notons donc trois facteurs essentiels qui sont en rapport direct avec l'absorption du phosphore et du potassium contenus dans les milieux nutritifs par le *Sterigmatocystis nigra*.

La concentration en ions H du milieu, la concentration en hydrates de

carbone et en azote en particulier et une concentration du milieu de dilution en général telle que les substances nutritives du sol à expérimenter autres que le phosphore et le potassium ne peuvent plus influencer sensiblement la récolte du *Sterigmatocystis nigra*.

Nous avons aussi constaté la possibilité de dosage du phosphore et du potassium au moyen du *Sterigmatocystis nigra* dans des milieux synthétiques donnés et pu également sélectionner deux milieux de dilution de choix qui réalisent les conditions les meilleures pour la détermination de la teneur en phosphore et en potassium des sols à examiner. Ces deux milieux sont : le milieu de Niklas et le liquide de Raulin acide modifié.

En tenant compte de ces facteurs, nous avons réalisé la détermination de la fertilité de différents sols d'après la méthode du *Sterigmatocystis nigra* de Niklas.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Action curative et préventive du chlorhydrate de 4'-sulfamido-2,4-diamino-azobenzène dans l'infection streptococcique expérimentale.* Note (¹) de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, présentée par M. G. Urbain.

G. Domagk (²), du point de vue expérimental, T. Schreus (³), L. Gmelin (⁴), Ph. Klee et H. Roemer (⁵), du point de vue clinique, ont révélé récemment l'action thérapeutique exercée par un dérivé azoïque, le chlorhydrate de 4'-sulfamido-2,4-diamino-azobenzène (point de fusion 247-251°, dénommé *prontosil*), dans les infections provoquées par le streptocoque. Le premier, parmi ces auteurs, a expérimenté sur la souris, et démontré l'activité curative du prontosil administré *per os* et par injections sous-cutanées, à l'égard d'une infection streptococcique intrapéritonéale mortelle en 24-48 heures. Les cliniciens cités ci-dessus en ont montré les effets thérapeutiques dans l'érysipèle, les phlegmons amygdaliens, certaines complications puerpérales et autres processus infectieux d'origine streptococcique.

---

(1) Séance du 6 mai 1935.

(2) *Deut. med. Woch.*, 7, 1935, p. 250.

(3) *Ibidem*, p. 255.

(4) *Münch. med. Woch.*, 6, 1935, p. 221.

(5) *Deut. med. Woch.*, 7, 1935, p. 253.

L'importance de cette découverte nous a incité d'en vérifier le bien fondé. N'ayant pas réussi à nous procurer le composé azoïque allemand, nous aurions dû renoncer à ces essais, si A. Girard n'avait pas réalisé la synthèse du chlorhydrate de 4'-sulfamido-2,4-diamino-azobenzène (*rubiazol*) et d'autres dérivés de la même série (les corps azoïques 2, 3 et 4).

Nos expériences ont été effectuées avec tous ces dérivés; nous rapportons les principaux résultats concernant le rubiazol, qui seul est actif :

a. Activité curative. — Administré à la souris *per os*, à la dose unique de $0^{g},005$ (pour une souris de 20^{g}), ce composé réalise une survie de 6 jours, les témoins, infectés par voie intrapéritonéale avec $0^{cm^3},3$ d'une culture en bouillon de la souche de streptocoque hémolytique M, succombant en 24 à 30 heures. Après injection par voie sous-cutanée de la même dose, également unique, la survie est souvent de 10 à 17 jours. Si l'on a soin de répéter les injections, les animaux vivent de 8 à 20 jours, voire même indéfiniment. Cette activité curative se manifeste si l'injection médicamenteuse est effectuée 8 heures après l'inoculation infectante intrapéritonéale.

b. Activité préventive. — Le rubiazol, administré préventivement, se montre actif si les animaux sont contaminés au maximum 48 heures après le traitement préventif.

c. Mécanisme d'action. — Le rubiazol n'exerce aucune action bactéricide *in vitro* à l'égard de notre souche streptococcique, ni une influence empêchante bien manifeste. L'examen de l'exsudat péritonéal, chez les souris traitées et les sujets témoins, révèle des différences nettes. Alors que chez les premières, cet exsudat renferme de nombreux leucocytes polynucléaires, mononucléaires, basophiles, et ne contient pas de streptocoque, chez les souris témoins on constate de très nombreux coccus encapsulés et des leucocytes, en grande partie lysés. Certains, parmi ces globules blancs, ont phagocyté de nombreux microbes. Les cultures de tous les organes sont positives et l'examen histologique révèle la présence de streptocoques dans la rate et le foie.

Ayant sacrifié des souris traitées par une ou plusieurs doses de rubiazol alors que, ayant survécu 5 et 8 jours, elles avaient l'apparence d'une parfaite santé. Nous avons constaté que certains organes (foie, rate) et le sang fournissaient des cultures de streptocoques. Des coccus en chaînettes pouvaient, d'ailleurs, être décelés dans les cellules de Kupffer.

Ces données semblent prouver que le dérivé azoïque agit par l'intermé-

diaire de l'organisme (cf. Domagk), en exagérant les moyens défensifs, en particulier la phagocytose. *D'où, dans certains cas, un simple arrêt dans la pullulation du streptocope, sans destruction totale de ce microbe. La stérilisation définitive est obtenue en répétant les injections médicamenteuses.*

La séance est levée à 15h30m.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 11 février 1935.)

Note de M. *Georges Valiron*, Sur les systèmes de fonctions entières :

Page 521, ligne 11, dans la première formule, *au lieu de* $\underline{\lim}$, *lire* $\overline{\lim}$.

(Séance du 15 avril 1935.)

Note de M. *Gaston Dupouy*, Constitution des corps paramagnétiques. Points de transformation :

Page 1385, formule (2), *au lieu de* $\chi_2(T-\theta_2)$, *lire* $\chi_2(T+\theta_2)$.

Page 1387, ligne 5, *au lieu de* $m_1 = \frac{N^2 - N_2^2}{N_1^2 - N^2}$, *lire* $m_1 \frac{N^2 - N_2^2}{N_2^1 - N_2^2}$.

(Séance du 29 avril 1935.)

Note de M. *S. Mandelbrojt*, Sur un problème de M. Carleman concernant les fonctions analytiques :

Page 1518, ligne 6, *au lieu de* $S(r) = \max_{0 \leqq n \leqq r} \frac{m_n}{r^n} > e^{\alpha r}$, *lire* $S(r) = \max_{0 \leqq n \leqq r} \frac{r^n}{m_n} > e^{\alpha r}$,

ligne 11, *au lieu de* $T_n(x) = \arccos x$, *lire* $T_n(x) = \cos n \arccos x$.

Page 1519, ligne 13, *au lieu de* $E_n(f) \leqq \frac{n}{S\frac{(n)}{L}}$, *lire* $E_n(f) \leqq \frac{n}{S\left(\frac{n}{L}\right)}$.

Page 1520, ligne 4, *au lieu de* $\lim_{n=\infty} \frac{\sqrt[n]{m_n^{(\text{exp.})}}}{n} < \infty$, *lire* $\overline{\lim_{n=\infty}} \frac{\sqrt[n]{m_n^{(\text{exp.})}}}{n} < \infty$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 MAI 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude physicochimique des transformations qu'éprouve le sérum sanguin sous l'influence du chauffage.* Note de MM. **Charles Achard** et **Augustin Boutaric.**

Bien que le sérum soit un milieu extrêmement complexe où interviennent à la fois des protéines très diverses et des électrolytes, il est curieux de constater qu'en ce qui concerne les phénomènes d'adsorption, il se comporte comme si l'ensemble des protéines dissoutes y formait par leur groupement des particules ayant leur individualité propre, micelles ou molécules complexes.

Nous avons appliqué à l'étude de ces particules une méthode basée sur un principe indiqué antérieurement par M. Lecomte du Noüy ([1]), que nous avons mise au point pour l'étude des molécules des substances tensio-actives en solution aqueuse ([2]). Elle consiste à déterminer la plus petite masse d'un corps adsorbant qui, agité avec la solution de la substance à étudier, la fixe totalement, en sorte que, après un temps de repos suffisant, la solution possède une tension superficielle statique égale à celle de l'eau pure. Nos expériences ont été faites sur du sérum de cheval, dit *hémostyl*, mis à notre disposition par M. Brocq-Rousseu.

Il était utilisé sous forme d'une dilution à 2 pour 1000 faite au moyen d'une solution de NaCl à $8^{g},5$ par litre pour éviter toute précipitation des

---

([1]) *Équilibres superficiels des solutions colloïdales*, Paris, 1929, p. 79.
([2]) A. Boutaric, *Protoplasma*, 1933, p. 286.

constituants du sérum. Comme corps adsorbant, nous avons employé le charbon animal sec pour analyse, exempt de cendres, des Établissements Merck.

Dans des tubes identiques bouchés à l'émeri, contenant sous le même volume (15$^{cm^3}$) de la solution de sérum, on introduit des poids différents de charbon déterminés par une expérience préalable de manière qu'avec la plus grande quantité de charbon utilisé l'adsorption des protéines soit totale; on agite pendant 2 heures très lentement de manière à éviter toute formation de mousse et on détermine, au moyen du tensiomètre de M. Lecomte du Noüy, les valeurs statiques de la tension superficielle après deux heures de repos de la solution dans les cuves où doit s'effectuer la mesure. Voici les valeurs (en dynes par centimètre) de cette tension superficielle obtenues, au cours de quelques séries de détermination A, B, C, sur des solutions de sérum préparées à partir du contenu de diverses ampoules de sérum dit *hémostyl*.

Poids de charbon.	Tension superficielle. A.	B.	C.
80 mg	65	65,9	65,8
100	67,9	68,2	68
120	71	71,4	71,3
140	75,2	75	75,1
160	75,4	75,4	75,4

La courbe représentant la variation de la tension superficielle y en fonction de la quantité de charbon x s'élève à mesure que croît x et atteint une valeur limite égale à la tension superficielle du solvant (solution de NaCl à 8^g,5 par litre) pour une certaine masse a du corps adsorbant que l'on peut déterminer avec précision au moyen d'un calcul graphique dont le principe a été indiqué ailleurs (¹). Le phénomène est tout à fait identique à celui qu'on observe par addition de charbon à une solution d'une substance tensio-active pure comme la sérum-albumine, la ricine, l'ovalbumine, etc. La courbe représentant y en fonction de x a exactement la même allure et tout se passe comme si les diverses protéines contenues dans le sérum étaient groupées sous forme de particules, micelles ou molécules complexes qu'on peut appeler, avec M. Lecomte du Noüy, *molécules sériques*.

Il est naturel de penser que ces particules doivent être de forme dissy-

(¹) A. Boutaric, *loc. cit.*

métrique comme les molécules de protéine qui les constituent et qu'elles se fixent sur le charbon par l'une des extrémités de leur chaîne. Toute transformation de sérum, s'accompagnant d'un accolement de ces micelles par leurs extrémités, devra entraîner une diminution de la masse de charbon nécessaire à l'adsorption. Nous avons pu suivre de cette manière les transformations qui se produisent dans le sérum sous l'influence d'un chauffage prolongé à diverses températures : 55°, 58°, 60°, 62°.

Avant toute dilution, le sérum était chauffé successivement 1 heure, 2 heures, 3 heures ou 4 heures à ces diverses températures. On le diluait ensuite à la dose de 2 pour 1000 dans la solution physiologique, et on déterminait dans les mêmes conditions que précédemment la masse *m* de charbon nécessaire pour adsorber l'ensemble des protéines contenues dans 15^{cm^3} de la solution ainsi obtenue.

Le tableau suivant donne les valeurs de *m* relatives à des sérums chauffés pendant des temps différents à diverses températures :

Durée de chauffage.	Température de chauffage 55°.	58°.	60°.	62°.
0	160	160	160	160
30 minutes	156	150	122	103
1 heure	153	140	109	96
1 heure 30 minutes	146	128	103	88
2 heures	141	117	100	»
3 »	131	103	92	»
4 »	123	103	79	»

Si l'on admet qu'une masse déterminée de charbon fixe le même nombre de particules du sérum par une extrémité de leur chaîne, la décroissance des valeurs de *m* montre que le nombre de ces particules diminue sous l'influence du chauffage, la diminution étant déjà sensible pour un chauffage de 1 heure à 55°. Les valeurs de *m* relatives aux échantillons de sérum diversement chauffés peuvent être considérées comme proportionnelles au nombre des particules contenues dans l'unité de volume du sérum sous les divers états envisagés. On voit sur le tableau que ces valeurs diminuent à mesure que croissent les durées de chauffage et qu'elles semblent tendre vers une même limite, atteinte d'autant plus vite que la durée de chauffage est plus élevée.

De toute manière il résulte des expériences précédentes que l'adsorption des protéines sériques par le charbon n'éprouve aucune discontinuité lorsqu'on chauffe le sérum progressivement pendant des temps prolongés

à des températures comprises entre 55° et 62°; en particulier la température à laquelle on admet que se détruit le complément ne se révèle par aucune variation brusque. Les particules sériques grossissent régulièrement à mesure que croissent la durée et la température de chauffage.

Pour de faibles durées de chauffage (5 ou 10 minutes) entre 55° et 62°, les variations de m et par suite du nombre des particules sériques sont relativement faibles. On retrouve un résultat signalé antérieurement par M. Lecomte du Noüy (¹) qui a été conduit à admettre que pour de faibles durées de chauffage les molécules sériques se gonflent par adsorption d'eau sans modification de leur nombre. En réalité, il résulte de nos recherches qu'un chauffage prolongé doit entraîner une agglomération progressive de ses molécules sériques qui se soudent par une des extrémités de leur chaîne.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Équation d'état des fluides. La pression interne négative aux températures élevées.* Note (²) de M. **Pierre Weiss**.

Lorsque les lignes isométriques (ligne de volume v constant dans le plan des températures T et des pressions p) sont des droites, la recherche de l'équation d'état se décompose en celle de deux fonctions d'une variable

$$\pi = f(v) \tag{1}$$

et

$$v = \varphi\left(\frac{T}{p+\pi}\right). \tag{2}$$

où $\pi = \partial U/\partial v$ est la pression interne et U l'énergie.

L'isométrique correspondant à une valeur de v donne π par l'ordonnée à l'origine changée de signe et la variable $T/(p+\pi)$ par l'inverse du coefficient angulaire. On relève ainsi facilement les deux fonctions au moyen des isométriques déduites des isothermes.

Les expériences précises sur les gaz, dans des intervalles de plusieurs centaines de degrés, ont montré que les isométriques sont légèrement courbées. Mais dans des intervalles ΔT de l'ordre de 50° ou 100° l'effet de la courbure est comparable à celui des petites irrégularités des mesures.

(¹) *Annales de l'Institut Pasteur*, **42**, 1929, p. 742; **43**, 1929, p. 749; **44**, 1930, p. 109; **45**, 1930, p. 251.

(²) Séance du 13 mai 1935.

On peut donc traiter de tels intervalles comme si les isométriques étaient des droites.

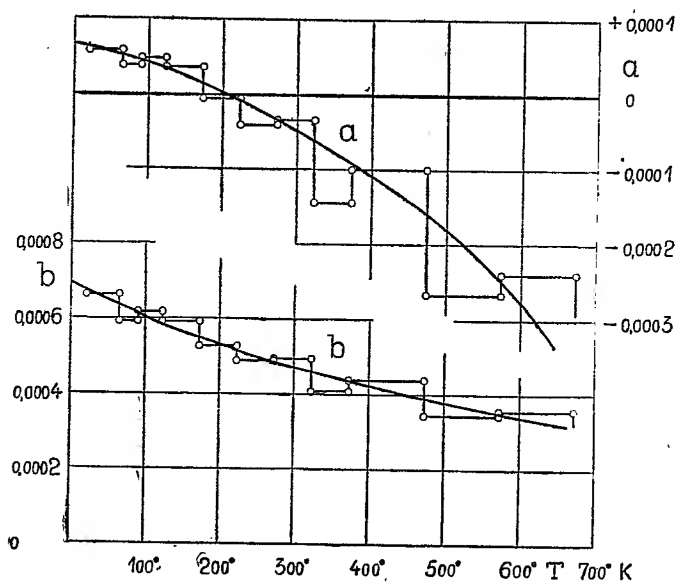
Jusqu'à des densités notables, de l'ordre de 100 fois la densité normale, on trouve avec une exactitude frappante, pour la plupart des gaz, la loi de la pression interne de van der Waals

$$\pi = \frac{a}{\rho^2} \tag{1'}$$

et la loi de dilatation contenue dans l'équation de van der Waals

$$\rho = b + \frac{RT}{p+\pi}, \tag{2'}$$

où b est le volume limite, correspondant à une valeur très petite de $T/(p+\pi)$. Pour R on trouve, dans chaque intervalle ΔT, la valeur 1/273,1 des gaz parfaits jusqu'à des densités où on n'a pas l'habitude de l'atteindre.



La figure représente a et b dans les intervalles de température successifs pour l'hélium d'après les mesures de Holborn et Otto [1]. Les courbes tracées en respectant les aires donnent a et b en fonction de la température.

Au zéro absolu b est égal à 0,00069 du volume normal et décroît régu-

[1] *Z. f. Phys.*, **10**, 1922, p. 367; **23**, 1924, p. 77; **30**, 1924, p. 320; **38**, 1926, p. 359.

lièrement pour tomber à la moitié de cette valeur à la limite (400°C.) des expériences. Cette variation mesure la compressibilité de l'atome sous des chocs de force vive connue.

Le coefficient a de la pression interne est égal à 0,000064 au zéro absolu, décroît en changeant de signe vers 200°K. et atteint à la limite des expériences une valeur négative quadruple de celle du zéro absolu.

La pression interne qu'éprouve un atome provient pour une part des atomes relativement éloignés qui se trouvent dans la région d'attraction et pour une autre des atomes rapprochés de la région de répulsion.

On sait depuis longtemps par les expériences d'Amagat ([1]) qu'aux *fortes densités*, obtenues par les très fortes pressions, la pression interne peut devenir négative, même à la température ordinaire. Ainsi pour l'hydrogène $\pi = -500^{\text{atm}}$ quand la densité atteint 500 fois la densité normale.

Quand la température s'élève, les chocs de plus en plus violents font pénétrer les atomes de plus en plus profondément dans la région répulsive. *Quelle que soit la densité*, à une température suffisamment élevée le terme répulsif doit devenir prépondérant. C'est bien ce que montre la discussion ci-dessus.

Pour l'hydrogène, d'après les mesures de Holborn et Otto, la valeur de a positive au basses températures diminue régulièrement quand la température s'élève et va changer de signe à la limite des mesures, située à 200°C. Pour le néon le changement de signe s'observe entre 300° et 400°C. Le changement de signe de la pression interne aux températures croissantes est donc un phénomène général ([2]).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Infection par voie conjonctivale des petits singes avec le virus typhique murin I des rats de Tunis.* Note de M. **Charles Nicolle** et Mme **Hélène Sparrow**.

Le *virus typhique historique* semble être constamment pathogène pour l'homme par voie oculaire. La projection accidentelle, sur les conjonctives,

---

([1]) Amagat, *Comptes rendus*, **118**, 1894, p. 326.

([2]) A ma connaissance, le changement de signe de la pression interne aux températures croissantes n'a pas encore été déduit directement des isothermes expérimentales. Au cours de leurs études énergétiques sur l'équation d'état Jacyna, Derewjankin, Obnorsky et Parfentiew (*Z. f. Phys.*, **92**, 1934, p. 675) ont reconnu que pour l'hélium $\partial U/\partial v < 0$.

de crottes de poux infectés a causé de graves contaminations sur le personnel des laboratoires. Le frottement des paupières avec les ongles souillés des débris de poux ou de leurs crottes joue, sans nul doute, un rôle important pour la transmission naturelle du typhus. Dans des expériences, portant sur les conjonctives de 6 cobayes, l'un de nous ([1]) a obtenu 2 fois un typhus inapparent, suivi d'immunité (la voie nasale donne toujours l'infection).

D'autre part, nous avons montré ([2]) qu'au contraire du virus historique et des virus murins, étudiés jusqu'ici par les divers auteurs et par nous, *notre virus murin I*, isolé des rats du port de Tunis, ne se montrait que faiblement pathogène pour les petits singes, inoculés par voies sous-cutanée ou péritonéale : 6 expériences, 1 typhus fébrile net, 2 douteux, 3 cas inapparents; réaction de Weil-Felix faible chez 5, nulle chez 1; les six singes vaccinés contre le virus typhique historique.

Il nous a paru intéressant de chercher les résultats de l'introduction du même virus par voie conjonctivale chez les mêmes espèces.

Expériences. — Nous avons procédé, dans trois séries d'expériences, par instillation d'une suspension du *cerveau de rats de passage* du virus murin I : une goutte dans chaque œil, opération répétée (8, 5 et 4 gouttes au total, suivant les expériences) à une demi-heure d'intervalle.

Première expérience. — *Singe papion.* — Aucune réaction thermométrique ou sérique à la suite des instillations. Deux épreuves à des intervalles de 1 mois : la première avec le virus murin I (voie sous-cutanée) suivie d'une infection inapparente que prouve une réaction de Weil-Felix positive; la seconde avec le virus historique (voie péritonéale), pas de fièvre, Weil-Felix faible, immunité.

Deux rats blancs, traités de même, n'ont présenté, à la suite des instillations, ni infection, ni immunité (vis-à-vis du virus murin I).

Deuxième expérience. — *Deux Macacus cynomolgus.* — Aucune réaction fébrile à la suite des instillations; Weil-Felix à 40 chez l'un, négatif chez l'autre (au 20e jour). La mort prématurée des deux singes n'a pas permis de les éprouver.

Deux rats blancs, traités de même, n'ont présenté ni infection, ni immunité (vis-à-vis du virus murin I).

Troisième expérience. — *Deux Macacus cynomolgus.* — Chez tous deux, à la suite des instillations, infections inapparentes prouvées par la réaction de Weil-Felix chez l'un (320), trop faible chez l'autre (20) pour présenter une valeur, et par l'immunité des deux singes à l'épreuve avec le virus historique.

([1]) H. Sparrow et U. Lumbroso, *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 18, fasc. I, 1929, p. 1.

([2]) Ch. Nicolle et H. Sparrow, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 896.

Résumé et conclusions. — L'*instillation répétée du virus murin I* (suspension du cerveau des rats de passage) a été pratiquée sur *cinq petits singes* :

Trois ont présenté, à la suite, une infection inapparente, prouvée par les résultats de la réaction de Weil-Felix chez deux, tout au moins, et, pour tous les trois, par leur résistance à l'épreuve, pratiquée avec le virus historique.

Il est à remarquer, cependant, que le premier de ces singes (expérience 1) a reçu, entre les instillations du virus murin I et l'épreuve avec le virus historique, une inoculation sous-cutanée du virus murin I. Il est délicat de décider si, dans son cas, l'immunité consécutive, observée vis-à-vis du virus historique, est due aux instillations, non suivies de Weil-Felix positif, ou à l'infection inapparente (Weil-Felix net), consécutive à la première épreuve par le virus murin. La réaction de Weil-Felix peut manquer dans l'infection inapparente du singe, ainsi que le montre l'observation d'un singe inoculé par voie sous-cutanée avec le virus murin (observation rapportée dans notre Note précédente.) Aussi nous garderons-nous de conclure au sujet de cette expérience particulière.

Il ne peut être tenu compte des autres singes (dont l'un a présenté un Weil-Felix faible); ils n'ont pu être éprouvés, en raison de leur mort prématurée.

Quatre rats blancs, traités de la même manière que les singes des deux premières expériences, n'ont présenté ni fièvre, ni Weil-Felix positif, ni immunité.

Il est à remarquer, toutefois, que l'absence d'immunité peut être due, chez eux, à la brièveté de l'intervalle entre les instillations et l'épreuve. Le virus murin se conserve souvent (sinon toujours) un temps plus long dans le cerveau des rats infectés que ne l'a été le délai, écoulé au moment de l'épreuve de nos rats (1 mois). Comme pour l'observation du singe de l'expérience 1, il est prudent de ne rien conclure.

M. **Louis Bouvier** fait hommage à l'Académie de la deuxième partie de son *Étude des Saturnioïdes normaux, famille des Hémileucidés : Les deux premières sous-familles, Dirphiinés et Molippinés, de la deuxième section, qui est celle des Automérites.*

M. **Maurice d'Ocagne** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage de M. Charles Cabanes intitulé *Denys Papin, inventeur et philosophe cosmopolite*, dont il a écrit la *Préface* et d'où il résulte que l'œuvre physique et mécanique du célèbre inventeur est infiniment plus vaste qu'on ne se le figure en général.

En présentant le 12e fascicule des *Travaux de la Station biologique de Roscoff*, dirigée par M. Ch. Pérez, M. **Félix Mesnil** signale en tête de ce fascicule une *Notice nécrologique*, accompagnée d'un portrait, sur le regretté *Jean Cantacuzène*, Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Louis Mrazec. *Pierre Termier*.

2° *The Second General Assembly of the* International Council of Scientific Unions, held at Brussels, July 9th to 13 th, 1934. *Reports of Proceedings* edited by Sir Henry Lyons.

3° Remy Perrier. *La Faune de la France en tableaux synoptiques illustrés*. Tome 5, *Coléoptères* (première Partie). (Présenté par M. Louis Bouvier.)

GÉOMÉTRIE. — *Sur la continuité du biparatingent.* Note (1) de M. **Jean Mirguet**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Le paratingent d'un continu Γ de l'espace à trois dimensions est un continu de droites (2). En raison de l'analogie de propriétés entre paratingent et biparatingent (3), il est logique de chercher si, en un point quelconque de Γ, le biparatingent est un continu de plans.

Pour établir cette nouvelle continuité, on peut utiliser le lemme suivant : *Étant donné quatre points* A, B, C *et* D, *tels que* C *et* D *soient situés sur un même continu ponctuel* γ *et ni l'un ni l'autre sur la droite* AB, *et un angle arbitraire* θ, *il existe sur l'ensemble* $A + B + \gamma$ *une suite de triplets non alignés dont le premier est* ABC, *le dernier* ABD, *le plan de chacun faisant avec le précédent un angle au plus égal à* θ.

Les hypothèses ci-dessous, nécessaires pour éliminer de cette suite les triplets alignés, épuisent tous les cas possibles :

---

(1) Séance du 13 mai 1935.

(2) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 509.

(3) *Annales Sc. de l'École Normale*, 51, 1934, p. 239. Cf. Bouligand, *Introduction à la Géom. inf. directe*, Paris, 1932, p. 162.

1° La distance de toute chaîne ponctuelle CD, d'indice ε, à la droite AB reste, quel que soit ε, supérieure à un nombre fixe λ : il suffit d'établir une chaîne $CH_1 \ldots H_i H_{i+1} \ldots D$ d'indice $\lambda \sin\theta$; la suite des triplets ABH_i est la suite annoncée.

2° La droite AB est inévitable entre C et D, mais D est inévitable entre C et la droite AB : soit h la distance de D à AB; si toute chaîne CD, d'indice ε, avait, après son départ de C, un point dans ou sur le cylindre de révolution d'axe AB et de rayon ε coséc θ, avant d'en avoir un dans ou sur la sphère σ de centre D et de rayon $h \sin\theta$, le point D ne serait pas inévitable entre C et AB. Soit H_n le premier point de cette chaîne situé, en comptant à partir de C, dans ou sur σ; l'ensemble des triplets $ABH_i (i \leqq n) + ABD$ réalise la chaîne annoncée.

(Même raisonnement si un autre point de ABD, hors de AB, est inévitable entre C et AB ou si un point de ABC est inévitable entre D et AB.)

3° La droite AB est inévitable entre C et D, aucun point de ABC n'est inévitable entre D et AB, ni aucun point de ABD entre C et AB, mais il existe sur la droite AB un point L de γ qui peut être évité entre C et D : soit, sur AB, un point K de γ inévitable entre C et D; la droite DL peut être évitée entre C et K et la droite CL entre D et K; on passera, donc, de ABC (c'est-à-dire LKC) à CLD; de CLD à KLD (c'est-à-dire ABD).

4° Mêmes hypothèses qu'au 3° avec cette variante : tout point de γ situé sur AB est inévitable entre C et D. Suivant que A (et, par suite, la droite AC) sera ou non inévitable entre B et D et, en même temps ou non, le point B (et, par suite, la droite BC) entre A et D, on passera de ABC à ACD ou à BCD; de même, suivant les relations de A et B et des chaînes AC et BC, on passera de ABD à ACD ou à BCD : si, les deux fois, on peut aboutir au même triplet, la construction est achevée; sinon, il reste à passer de ACD à BCD.

Le problème du passage entre ADC et BCD est le problème primitif où les rôles des couples (A, B) et (C, D) sont intervertis; d'après ce qui précède il est résolu sauf si C et D sont inévitables entre A et B; mais cette circonstance est impossible : C et D seraient inévitables entre A et B qui le sont déjà entre C et D; C devrait donc être inévitable entre A et D (ou entre B et D); or, par hypothèse, aucun point de ABC n'est inévitable entre D et la droite AB.

2. Considérons deux sphères S_M^η et S_M^ρ $(\eta < \rho)$, concentriques en M, de rayons ρ et η; soient ABC et PQR deux triplets non alignés de Γ intérieurs à S_M^η; chaque sommet de chacun de ces triplets est lié par des chaînes ponctuelles intrasphériques d'indices arbitraires à au moins un point de la surface

de S_M^ρ (pour ρ assez petit) (¹) que Γ soit ou non localement connexe en M; chaque sommet des triplets est donc monté sur un continu intrasphérique γ ayant au moins un point S_M^ρ. Si Γ est localement connexe en M, on peut choisir η et ρ pour que ces six continus γ forment un continu unique intérieur à S_M^ρ et, alors, d'après le lemme, il existera une chaîne de triplets non alignés, intérieurs à S_M^ρ, relative à θ, entre ABC et PQR.

Si Γ n'est pas localement connexe en M, on déplacera A et B par continuité ponctuelle sur leurs continus γ respectifs; s'il est possible de trouver une position A′B′, dont la droite sustentatrice ne rencontre pas la sphère σ, de centre M et de rayon η coséc $\theta/2$, on pourra, sans utiliser de triplet aligné et en respectant θ, passer de ABC à A′BC et A′B′C (d'après le lemme), de A′B′C à A′B′P (puisque la droite A′B′ est détachée de σ); enfin, de A′B′P à ABP. S'il est possible de détacher, de même, AP et PQ de σ, on passera de ABP à APQ, puis à PQR.

Cette dernière construction est impossible si deux cordes, d'origine commune, soit propres, soit mutuelles de ABC et PQR, ne peuvent se détacher de σ, si petit que soit η (ρ, fixe). Dans ce cas, il existe une infinité de continus γ, sans point commun, chacun entièrement intérieur au demi-cône de révolution circonscrit à la σ correspondante et dont le sommet est le point que γ possède sur S_M^ρ. Quand η tend vers zéro, la σ s'évanouit et les continus γ admettent, comme figures d'accumulation, des rayons entiers de S_M^ρ. L'existence de cette infinité de continus sans point commun, accumulés près d'un segment de droite, rend le biparatingent de Γ complet, à moins que tout le voisinage de M sur Γ soit plan et que, par suite, le biparatingent lui-même soit plan.

3. Soient π_1 et π_2 deux plans biparatingents en M. Choisissons dans S_M^η deux triplets non alignés ABC et PQR faisant respectivement avec π_1 et π_2 des angles inférieurs à l'arbitraire ψ. Pour ρ assez petit, tout triplet de la chaîne construite, au paragraphe 2, entre ABC et PQR fait, avec un plan biparatingent en M, un angle inférieur à ψ; de l'existence de cette chaîne, relative à θ, résulte l'existence, entre π_1 et π_2, d'une chaîne de plans biparatingents en M, relative à $\theta + 2\psi$. Étant donné un angle arbitraire φ, il suffira de choisir $\theta + 2\psi < \varphi$, pour réaliser une chaîne de plans biparatingents, relative à φ, entre π_1 et π_2; ce qui démontre la continuité du biparatingent. Il n'y a d'exception qu'au cas de rayon d'accumulation, mais alors le biparatingent est complet ou plan, c'est-à-dire encore continu.

(¹) *Ann. Sc. de l'École Normale*, 51, 1934, p. 210.

TOPOLOGIE. — *Sur les suites d'espaces topologiques.*

Note de M. **Paul Alexandroff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit

(1) $$X_1, X_2, \ldots, X_k, \ldots$$

une suite d'espaces topologiques ([1]); supposons donnée, pour tout k, une représentation continue f_k de X_{k+1} sur X_k; l'ensemble des X_k et des f_k s'appelle *système spectral* (X_k, f_k). Il définit de la façon suivante l'*espace complet* ([2]) $L = L(X_k, f_k)$ du système spectral. Les points de L sont les *suites spectrales*,

(2) $$\xi = (x_1, x_2, \ldots, x_k, \ldots), \qquad x_k \subset X_k, \qquad x_k = f_k(x_{k+1});$$

on obtient un voisinage arbitraire $U(\xi)$ du point $\xi \subset L$ en choisissant arbitrairement un nombre k et, dans $X_1, X_2, \ldots, X_k$, des voisinages $U(x_1)$, $U(x_2), \ldots, U(x_k)$, et, en considérant tous les points,

(3) $$\xi' = (x'_1, x'_2, \ldots, x'_k, \ldots),$$

tels que $x'_1 \subset U(x_1)$, $x'_2 \subset U(x_2)$, $\ldots$, $x'_k \subset U(x_k)$.

2. De deux chaînes spectrales (2) et (3), la première *contient* la seconde si l'on a $\bar{x}_k \supset \bar{x}'_k$, quel que soit k. Une chaîne spectrale (2) s'appelle *chaîne maximale* (minimale) si l'ensemble des chaînes contenant (2) [contenues dans (2)] consiste en la seule chaîne (2).

Le système spectral (X_k, f_k) s'appelle *fermé* (ouvert), si f_k est, pour chaque k, une représentation fermée (ouverte), c'est-à-dire si f_k transforme chaque ensemble fermé (ouvert) en un ensemble de même nature.

3. Supposons que, dans le système spectral (X_k, f_k), toute chaîne spectrale soit contenue dans une chaîne maximale (contienne une chaîne minimale). Considérons, dans $L(x_k, f_k)$, seulement les chaînes maximales (minimales). On obtient ainsi un espace partiel $\overline{L}(X_k, f_k)$ ou $\underline{L}(X_k, f_k)$ res-

---

([1]) Voir pour les notations, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1649.

([2]) La notion de l'espace complet d'un système spectral est aussi connue de MM. Freudenthal et Pontrjagin; une Note de M. Freudenthal concernant ce sujet est actuellement sous presse dans les *Proccedings* de l'Académie Royale d'Amsterdam; la première idée de cette notion remonte d'ailleurs à un article de M. Brouwer dans les *Proccedings* de l'Académie Royale d'Amsterdam, 18, 1910, p. 833 (pagination de l'édition hollandaise).

pectivement, qui sera nommé *espace restreint supérieur* (inférieur) du système spectral donné.

Dans le cas spécial où les X_k sont des espaces accessibles au sens bien connu de M. Fréchet [1], les deux espaces restreints coïncident avec l'espace complet.

4. Les exemples des systèmes spectraux sont nombreux; nous en donnerons deux :

1° Considérons une suite (1) de décompositions successives d'un polyèdre P en simplexes, les diamètres des simplexes de X_k tendant vers zéro avec $1/k$. Les X_k sont des complexes au sens de l'*Analysis situs* combinatoire, donc des espaces discrets. Tout élément x_{k+1} de X_{k+1} est situé sur un élément bien déterminé $x_k = f_k(x_{k+1})$ de X_k. De cette façon, les représentations continues f_k de X_{k+1} sur X_k et le système spectral ouvert (X_k, f_k) se trouvent définis. Le polyèdre P est l'espace restreint inférieur de ce système spectral;

2° L'approximation des espaces distanciés compacts par des spectres projectifs [2] permet d'envisager tout espace n-dimensionnel de cette sorte comme espace restreint supérieur d'un système spectral fermé dont les éléments X_k sont des complexes n-dimensionnels.

Or on obtient un théorème général, réciproque (au sens de ma Note citée) à la théorie des spectres projectifs, et qui peut être considéré comme généralisation de l'exemple 1°.

THÉORÈME. — *Tout espace distancié compact à n dimensions au plus est l'espace restreint inférieur d'un système spectral ouvert dont les éléments x_k sont des espaces discrets finis à n dimensions au plus. Ce système spectral vérifie la condition supplémentaire suivante : il existe pour tout k un $h > k$ que voici : les éléments x_k et x'_k de x_k, x_h, x'_h de x_h, $x_k = f_k f_{k+1} \ldots f_h(x_h)$, $x'_k = f_k f_{k-1} \ldots f_h(x')$, étant choisis d'une façon arbitraire, x_h et x'_h possèdent deux voisinages disjoints dans x_h, si $\bar{x}_k$ et $\bar{x}'_k$ sont disjoints. Inversement, l'espace restreint inférieur d'un système spectral de la sorte indiquée est toujours un espace distancié compact à n dimensions au plus.*

En spécialisant les systèmes spectraux, on peut édifier l'*Analysis situs* classique dans des conditions bien plus générales et bien plus naturelles que celles imposées par la théorie des polyèdres.

---

(1) Ce sont les espaces topologiques au sens de ma Note citée, où tous les points sont des ensembles fermés.

(2) P. ALEXANDROFF, *Annals of Mathematics*, 30, 1929, p. 107.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale de Stieltjes.* Note [1] de M. **Adolphe Buhl.**

Les intégrales de Stieltjes et les opérateurs, auxquels on rattache le nom de Hermite, sont étroitement liés par la Mécanique ondulatoire. Ici, pour plus de commodité, je me servirai d'abord d'une construction particulière aisément généralisable ensuite. Soit un triangle ABC dont je divise la base $BC = a$ en n segments S_i égaux. Sur chaque segment je construis [2] un triangle semblable à ABC d'où une ligne brisée en dents de scie, dont l'équation $y = F(x)$ pourrait facilement s'expliciter à l'aide d'une série de Fourier. Quand n croît indéfiniment, la ligne brisée prend une *structure fine* et tend vers une fonction continue sans dérivée. Soit maintenant l'intégrale de Stieltjes

$$\int_0^a f(x)\,d\,F(x). \tag{1}$$

Cette intégrale est *nulle* quand f a la valeur constante h_i sur S_i; elle reste *constante* quand $f(x)$ devient $f(x) + h_i$ sur S_i. Ceci suffit pour montrer le rôle essentiel que les fonctions continues sans dérivées peuvent jouer dans une propagation corpusculaire où les corpuscules forment cependant des ensembles essentiellement discontinus.

Substituons maintenant aux coordonnées x et y des coordonnées curvilignes $P(x, y)$ et $Q(x, y)$. Dans le réseau en P et Q, on pourra imaginer des déformations de la scie précédente auxquelles seront attachées des intégrales, généralisant (1),

$$\int f(P)\,d[F(P) - \Phi(P)], \tag{2}$$

la ligne $Q = \Phi(P)$ devenant quelconque, avec ou sans structure fine, et remplaçant la base BC de l'exemple précédent. Là encore, il y a une propagation corpusculaire adjointe à (2), mais les lignes à Q constant n'étant plus parallèles entre elles comme les droites à y constant, les corpuscules ont, en général, des rotations sur eux-mêmes.

Si, en (2), $F - \Phi$ devient une fonction susceptible d'être différentiée, au

---

[1] Séance du 13 mai 1935.

[2] Cf. H. Lebesgue, *L'Enseignement mathématique*, 33, 1935, p. 184. Voir également *Leçons sur l'intégration*, 2e édition, 1928, Chap. XI.

sens analytique ordinaire du mot, l'intégrale (2) prend la forme

$$\int_c A(P)\,dP = \int_C A(P)\,dP \tag{3}$$

pour deux arcs c et C quelconques dont les extrémités sont sur deux courbes $P=\lambda_1$ et $P=\lambda_2$. Considérons un canal formé de deux courbes $P=\lambda$ infiniment voisines, canal déterminant ds, sur c, en x, y et dS, sur C d'équation $\Phi(X, Y)=0$, en X, Y. L'égalité (3) pourra s'écrire

$$\int_c A(P)\begin{vmatrix} \alpha & \beta \\ P_x & P_y \end{vmatrix} ds = \int_C \frac{A(P)}{\Theta(X, Y)}\begin{vmatrix} \Phi_X & \Phi_Y \\ P_X & P_Y \end{vmatrix} \frac{\Theta(X, Y)\,dS}{\sqrt{\Phi_X^2+\Phi_Y^2}}.$$

Posons

$$\frac{1}{\Theta\sqrt{\Phi_X^2+\Phi_Y^2}}\begin{vmatrix} \Phi_X & \Phi_Y \\ P_X & P_Y \end{vmatrix} = \begin{cases} \Delta(X, Y), \\ \Delta_1(P, \Phi), \\ \Delta_1(P, 0) \text{ sur C}. \end{cases} \tag{4}$$

On arrive ainsi à l'intégrale en propagation invariante

$$\int_C A(P)\,\Delta_1(P, 0)\,\Theta(X, Y)\,dS = \int_C \Theta\,dS,$$

si

$$A(P)\,\Delta_1(P, 0) = 1. \tag{5}$$

On voit que le point de vue fonctionnel, le point de vue des structures fines, abandonné en (3), réapparaît en (4) avec la construction fonctionnelle extrêmement indéterminée $\Delta_1(P, \Phi)$ puisque Δ_1 est simplement assujetti à satisfaire à (5) pour $\Phi = 0$. Cette théorie, étudiée d'abord dans l'espace à trois dimensions [1], reprend donc l'intégrale de Stieltjes sous des espèces légèrement différentes avec association d'équations (4), à second membre $\Delta_1(P, \Phi)$, qui pourraient être, entre autres, des équations aux dérivées partielles d'ordre quelconque.

Remarquons encore que si Δ_1 contenait Φ de manière périodique, par exemple en contenant $\sin\Phi$, l'équation (4) aurait une infinité de solutions de la forme $\Phi + 2k\pi$ et une quantification apparaîtrait. Comme il arrive souvent, une quantification serait la conséquence d'une certaine périodicité.

---

(1) *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, 58, 1934, p. 333.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Des séries exponentielles de Cauchy.* Note [1] de M. **Ladislas Fejes.**

Cauchy a appliqué à la démonstration de la convergence de séries plus générales que celles de Fourier le calcul des résidus. M. Picard [2] a donné une démonstration rigoureuse de la convergence de ces séries, en considérant le cas où la fonction génératrice est à variation bornée.

Nous obtenons dans cette Note des conditions moins restrictives en démontrant *l'équiconvergence des séries exponentielles et des séries de Fourier*, c'est-à-dire que ces deux séries convergent ou divergent sous les mêmes conditions.

Tout d'abord nous allons définir ce que nous entendrons par séries exponentielles de Cauchy. La définition de Cauchy et Picard diffère un peu de la nôtre. La définition suivante semble plus satisfaisante.

Soient $C_1, C_2, \ldots, C_n, \ldots$ des cercles des rayons $\rho_1 < \rho_2 < \ldots < \rho_n < \ldots$ ($\rho_n \to \infty$) décrits autour de l'origine du plan des z. Appelons C l'ensemble des points des circonférences de tous ces cercles qui tombent dans le demi plan $R(z) \geqq 0$. Soit encore $\pi(z)$ une fonction analytique qui satisfait aux conditions suivantes :

1° Elle est une fonction entière, dont la multiplicité des racines est égale à l'unité;

2° Elle peut se mettre sous la forme $\pi(z) = \psi(z) + \chi(z)$ [$\psi(z)$ et $\chi(z)$ sont elles-mêmes des fonctions entières], de sorte qu'on puisse trouver deux nombres $K > 0$ et $\sigma > 0$ tels que les inégalités

$$(\alpha_1) \qquad \left|\frac{\psi(z)}{\pi(z)} e^{\sigma z}\right| < K, \qquad \left|\frac{\chi(-z)}{\pi(-z)} e^{\sigma z}\right| < K$$

soient vérifiées sur un ensemble C convenablement choisi.

Désignons par σ_0 la borne supérieure des σ, pour lesquels on peut trouver un nombre K et un ensemble C satisfaisant aux inégalités (α_1). Un intervalle réel quelconque (χ_0, χ_1) de la longueur σ_0 sera appelé *intervalle limite*.

Considérons maintenant une fonction $f(x)$ mesurable sur (x_0, x_1). Formons la série

$$f(x) \sim \sum_{r=0}^{\infty} c_r e^{\lambda_r x}; \qquad c_r = -\frac{\psi(\lambda_r)}{\pi(\lambda_r)} \int_{x_0}^{x_1} e^{-\lambda_r t} f(t)\, dt,$$

---

[1] Séance du 13 mai 1935.

[2] *Traité d'Analyse*, 3e édition, 2, p. 187 et *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, 37, 1913, p. 152-159.

$\lambda_0, \lambda_1, \ldots, \lambda_r, \ldots (|\lambda_r| \leqq |\lambda_{r-1}|)$ étant les racines de $\pi(z)$. Nous dirons qu'elle est la série exponentielle de Cauchy de la fonction $f(x)$. Étendons la sommation $\Sigma c_r e^{\lambda_r x}$ à tous les λ_r contenus dans le cercle C_m de rayon ρ_m. Nous dirons alors que c'est la somme partielle de la série relative à C_m, et nous la désignons par $\Sigma \varphi_m c e^{\lambda x}$.

Nous pouvons maintenant énoncer le théorème suivant, qui nous donnera immédiatement le résultat indiqué :

La somme partielle relative à C_m d'une série exponentielle de Cauchy converge sur l'intervalle limite ouvert vers l'intégrale de Dirichlet de la fonction génératrice. De plus, on a

$$\sum \varphi_m c e^{\lambda x} = \frac{1}{\pi} \int_{x_0}^{x_1} \frac{\sin \rho_m (x-t)}{x-t} f(t)\, dt + \eta(\rho_m, x),$$

où $\eta(\rho_m, x) \to 0$ *uniformément dans l'intervalle* $(x_0 + \delta, x_1 - \delta)$, *si petit que soit* δ.

Pour le démontrer nous ferons usage d'un *lemme*. Considérons l'intégrale $\int_{x_0}^{x_1} e^{-z(t-x_0)} f(t)\, dt$. Je dis qu'elle tend vers zéro sur un ensemble C avec $1/|z|$, comme on le voit tout de suite en le décomposant en partie réelle et imaginaire, intégrant par partie et appliquant le lemme de Riemann.

Nous pouvons poser maintenant

$$\begin{aligned}\sum C_n c e^{\lambda x} = \sum C_n - \frac{\psi(\lambda_r)}{\pi'(\lambda_r)} \int_{x_0}^{x_1} e^{\lambda_r (x-t)} f(t)\, dt &= -\frac{1}{2\pi i} \int_{C_n} \frac{\psi(z)}{\pi(z)} \int_{x_0}^{x_1} e^{z(x-t)} f(t)\, dt\, dz \\ &= -\frac{1}{2\pi i} \int_{C_n^+} \frac{\psi(z)}{\pi(z)} \int_{x_0}^{x_1} e^{z(x-t)} f(t)\, dt\, dz + \frac{1}{2\pi i} \int_{C_n^+} \int_{x_0}^{x_1} e^{-z(x-t)} f(t)\, dt\, dz \\ &\quad - \frac{1}{2\pi i} \int_{\bar{C}} \frac{\chi(-z)}{\pi(-z)} \int_{x_0}^{x_1} e^{-z(x-t)} f(t)\, dt\, dz,\end{aligned}$$

C_n étant la partie de C_n qui tombe dans le demi-plan $R[z] \geqq 0$.

Je dis que la première et la dernière intégrale tendent uniformément vers zéro sur $(x_0 + \delta, x_1 - \delta)$. Considérons en effet, par exemple, la première

$$I_n = \int_{C_n^+} \frac{\psi(z)}{\pi(z)} \int_{x_0}^{x_1} e^{z(x-t)} f(t)\, dt\, dz = \int_{C_n^+} e^{-\frac{\delta}{2} z} \frac{\psi(z)}{\pi(z)} e^{\sigma z} \int_{x_0}^{x_1} e^{-z(t-x_0)} f(t)\, dt\, dz$$

$$\text{où } \sigma = x - x_0 + \frac{\delta}{2}.$$

Soit

$$\left| \frac{\psi(z)}{\pi(z)} e^{\sigma z} \int_{x_0}^{x_1} e^{-z(t-x_0)} f(t)\, dt \right|_{\max} = M(\rho_n).$$

Tenant compte de l'hypothèse faite sur $\pi(z)$ et $\psi(z)$ et de notre lemme, on voit que $M(\rho_n) \to 0$. Donc

$$|I_n| \leqq M(\rho_n) \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \rho_n e^{-\frac{\delta}{2}\rho_n \cos\varphi} d\varphi < \frac{4}{\delta} M(\rho_n).$$

Nous pouvons maintenant raisonner ainsi : l'intégrale figurant dans cette inégalité est indépendante de $\pi(z)$. Nous arriverons à la même intégrale si nous prenons la série exponentielle correspondant à la série de Fourier. Elle tend donc vers l'intégrale de Dirichlet de $f(x)$.

Changeant en effet l'ordre des intégrations successives, on a

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{C+}\int_{x_0}^{x_1} e^{-z(x-t)} f(t)\,dt = \frac{1}{\pi}\int_{x_0}^{x_1} \frac{\sin\rho_n(x-t)}{x-t} f(t)\,dt.$$

La proposition est donc démontrée.

Notons seulement que, pour des fonctions spéciales, on peut élargir le champ des séries exponentielles.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolvante de certaines équations intégrales hermitiennes.* Note (¹) de M. N. **Günther**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Convenons de dire (²) que la fonction moyenne additive et à variation bornée [5], définie pour les domaines (ω) appartenant à un domaine (Ω_x), est continue pour (ω), si, $U(\omega)$ étant sa variation moyenne [7], on a

$$(1) \qquad \lim U(\underline{\omega}) = \lim U(\overline{\omega}) = U(\omega), \qquad (\underline{\omega}) \to (\omega), \qquad (\overline{\omega}) \to (\omega).$$

Ici $(\underline{\omega})$ et $(\overline{\omega})$ sont des domaines inscrits et circonscrits à (ω) [sous certaines conditions à la frontière de (Ω_x)] (³). Les domaines pour lesquels $u(\omega)$ est continue forment un corps (C) : il suffit de définir $u(\omega)$ dans ce corps (C).

2. Un corps (C) et un ensemble intégrable (E) étant donnés, convenons de dire que la fonction $u(\tau, x)$ est de classe (U), si, *a*, elle est continue pour

(¹) Séance du 1er avril 1935.

(²) Notations de N. Gunther, *Travaux de l'Inst. phys.-math. Stekloff*, 1, 1932, p. 1. Les chiffres entre crochets indiquent les pages de ce Mémoire.

(³) N. Gunther, *Physikalische Zeitschrift des Sowjetunion*, 3, 1933, p. 116.

les points (x) qui n'appartiennent pas à (E) et ne sont pas sur la frontière de (τ); si, b, pour chaque (x) n'appartenant pas à (E), elle a pour corps de continuité le corps (x) qu'on obtient en extrayant du corps (C) les domaines (τ) qui ont le point (x), intérieur à (Ω_x), sur leur frontière; si, c, (δ) étant des domaines contenant (E) et contenus dans un domaine (δ_ε), on a $U(\delta, \pi)\delta < \varepsilon$ pour chaque (x) en dehors de (δ). Les intégrales

$$(2) \qquad w(\tau, x) = \int_{(\Omega_z)} u(\tau, z)\, v(\xi, x)\, d\xi$$

sont des fonctions (U), si $u(\tau, x)$ et $v(\tau, x)$ le sont. Tous les théorèmes du Chapitre 2 de mon Mémoire (*loc. cit.*) subsistent pour les intégrales (2). La fonction $\delta(\tau, x)$, égale à zéro ou à $1/\tau$ suivant que le point (x) est en dehors de (τ) ou dans son intérieur, appartient à la classe (U).

3. $u(\omega)$ étant une fonction positive, désignons par $f(\omega)$ la moyenne mesurée $\frac{1}{\omega}\int_{(\omega)} u(\omega) f(x)\, d\omega$ de la fonction $f(x)$. Soit l'équation intégrale

$$(3) \qquad \varphi(x) = \lambda \int_{(\Omega_y)} k(\tau, x)\, \varphi(y)\, d\tau + f(x),$$

où le noyau $k(\tau, x)$, de variation moyenne K, est de classe (U) et où

$$k(\tau, \omega) = \overline{k(\omega, \tau)};$$

$$(4) \qquad \begin{cases} K(\tau, x) < \frac{1}{\tau}\int_{(\tau)} u(\tau)\, T(x, y)\, d\tau + a\, \delta(\tau, x), \\ \int_{(\Omega_x)} u(\omega) \left[\int_{(\Omega_y)} u(\tau)\, T^2(x, y)\, d\tau \right] d\omega < T^2. \end{cases}$$

On peut définir par une série qui converge pour toutes les valeurs imaginaires de λ et pour les valeurs réelles ne dépassant pas en module un nombre λ^*, une fonction $\rho(\tau, \omega, \lambda)$ holomorphe, telle que

$$(5) \qquad \int_{(\Omega_z)} [\lambda k(\tau, z) - \delta(\tau, z)]\, \rho(\xi, \omega, \lambda)\, d\xi = \frac{1}{\omega}\int_{(\omega)} u(\omega)\, \delta(\tau, x)\, d\omega.$$

4. Pour cela, posons ([1]), α étant une constante convenable

$$(6) \qquad \int_{(\Omega_z)} [\lambda k(\tau, z) - \delta(\tau, z)] [\bar{\lambda} k(\xi, x) - \delta(\xi, x)]\, d\xi = s(\tau, x, \lambda),$$

$$(7) \qquad s_1(\tau, x, \lambda) = \delta(\tau, x) - \alpha s(\tau, x, \lambda), \qquad s_0(\tau, x, \lambda) = \delta(\tau, x).$$

([1]) Voir HELLINGER, *Journal für reine und angew Math.*, 136, 1909, p. 210.)

En introduisant les noyaux itérés $s_k(\tau, x, \lambda)$ de $s_1(\tau, x, \lambda)$ et en posant

$$(8)\qquad \int_{(\Omega_y)} h(y)\left[\int_{(\Omega_x)} \overline{h(\omega)}\, s_k(\tau, x, \lambda)\, d\omega\right] d\tau = A_k,$$

on obtient pour toutes les fonctions $h(x)$, $h_1(x)$ de la classe (U):

$$(9)\quad 0 < A_{2k+1} < \eta A_{2k}, \qquad 0 < A_{2n+2} < \eta A_{2k}, \qquad 0 < A_2 < A_1, \qquad \eta = 1 - \alpha \frac{\nu^2}{|\lambda|^2},$$

d'où suit la convergence des séries

$$(10)\qquad \alpha \sum_0^\infty \int_{(\Omega_y)} h_1(y)\left[\int_{(\Omega_x)} \overline{h_1(x)}\, s_k(\tau, \omega, \lambda)\, d\omega\right] d\tau,$$

$$(11)\quad s^{-1}(\tau, \omega, \lambda) = \alpha \sum_0^\infty s_k(\tau, \omega, \lambda), \qquad \alpha \sum_0^\infty \int_{(\Omega_y)} h(y)\, s_k(\tau, \omega, \lambda)\, d\tau = \sum_0^\infty h_k(\omega, \lambda).$$

La fonction cherchée est donnée par l'égalité

$$(12)\qquad \rho(\tau, \omega, \lambda) = \int_{(\Omega_z)} [\bar\lambda k(\tau, z) - \delta(\tau, z)]\, s^{-1}(\xi, \omega, \lambda)\, d\xi$$
$$= \alpha \sum_0^\infty \int_{(\Omega_z)} [\bar\lambda k(\tau, z) - \delta(\tau, z)]\, s_k(\xi, \omega, \lambda)\, d\xi.$$

5. Posons (si la limite indiquée existe)

$$(13)\qquad I = \int_{(\Omega_x)} \frac{r(\omega) f(\omega)}{u(\omega)}\, d\omega = \lim \sum_{k=1}^{k=n} \frac{r(\omega_k) f(\omega_k)}{u(\omega_k)}\, \omega_k \qquad (n \to \infty),$$

La fonction moyenne $f(\omega)$ sera dite de la classe (K), si les sommes

$$(14)\qquad \sum_{k=1}^{k=n} \frac{|f(\omega_k)|^2}{u(\omega_k)}\, \omega_k.$$

sont bornées dans leur ensemble. Si $\varphi(x)$ est la solution de (3), on a

$$(15)\qquad \varphi(\omega) = \lambda \int_{(\Omega_y)} \overline{k(\omega, y)}\, \varphi(\tau)\, d\tau + f(\omega).$$

Pour chaque $f(x)$ de la classe (M), la solution de l'équation (15) est

$$(16)\qquad \varphi(\omega) = -\int_{(\Omega_y)} \frac{f(\tau)\, \rho(\tau, \omega, \lambda)}{U(\tau)}\, d\tau$$
$$= \alpha \sum_1^\infty \int_{(\Omega_y)} f(\tau)\left(\int_{(\Omega_z)} [\bar\lambda\, \overline{k(\omega, z)} - \delta(\omega, z)]\, \overline{\rho_k(\xi, y, \lambda)}\, d\xi\right) d\tau.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La transformation de Laplace dans les espaces linéaires.* Note de M. **A. Kolmogoroff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit E un espace linéaire au sens de M. S. Banach, complet et séparable. Nous considérons une fonction d'ensemble F(A) réelle et complètement additive, définie pour chaque sous-ensemble A mesurable B de l'espace E. Étant donnée une fonction linéaire f, il existe toujours l'intégrale de Lebesgue-Stieltjes

$$H(f)=\int_E e^{if(x)}\,dF(E),$$

où x est l'élément variable de l'espace E. La fonction $H(f)$ de la fonctionnelle f est, par définition, la fonction caractéristique de F(A). On peut démontrer que *la fonction d'ensemble* F(A) *est complètement déterminée par la connaissance de la* $H(f)$ *correspondante*. Il serait très intéressant de trouver une formule analytique simple exprimant F(A) par $H(f)$.

2. En désignant par $A+x$ l'ensemble des points $z=y+x$, $y\,\varepsilon\,A$, on démontre que la relation

$$F(A)=\int_E F_1(A-x)\,dF_2(E)$$

est équivalente à

$$H(f)=H_1(f)\,H_2(f).$$

Ce fait pourrait avoir quelques applications dans la théorie des probabilités. On en déduit en particulier une généralisation aux espaces linéaires du théorème fondamental de Laplace sur la limite des probabilités. On considère dans ce but comme *normales* les distributions F(A) avec

$$H(f)=e^{iM_1(f)-\frac{1}{2}M_2(f,f)},$$

où $M_1(f)$ est une forme linéaire arbitraire et $M_2(f,f)$ est une forme quadratique positive (ou non négative) et symétrique.

3. Soit maintenant

$$M_n(f_1, f_2, \ldots, f_n)=\int_E f_1(x)f_2(x)\ldots f_n(x)\,dF(E).$$

La forme polylinéaire M_n est *la forme des moments* d'ordre n de F(A).

Dans le cas de l'intégrale

$$R_{n+1} = \int_E \|x\|^{n+1} d|F(E)|$$

finie, on obtient aisément le développement de Taylor

$$H(f) = 1 + M_1(f) + \frac{1}{2} M_2(f, f) + \frac{1}{6} M_3(f, f, f) + \ldots$$
$$+ \frac{1}{n!} M_n(f, f, \ldots, f) + \frac{1}{(n+1)!} \theta R_{n+1} \|f\|^{n+1} \qquad (|\theta| \leq 1).$$

4. Soit enfin

$$y = U(x)$$

une transformation linéaire de l'espace E et

$$G(A) = F\{U(A)\}.$$

On obtient pour les moments N_n de $G(A)$ les formules

$$N_n(f) = M_n\{V(f)\},$$

où V est la transformation conjuguée de U. On peut donc étudier, dans le cas d'une suite de transformations linéaires de l'espace E, l'allure des moments M_n de divers ordres séparément pour chaque n. C'est à cause de ce fait général qu'on remplace, dans la physique des quanta, l'étude des distributions dans des espaces linéaires par l'étude des moments secondaires (considérés ordinairement sous la forme d'opérateurs linéaires). Si l'on voulait édifier une théorie des quanta non linéaire, il serait indispensable de considérer les distributions elles-mêmes, ou leurs fonctions caractéristiques, ou enfin, la totalité des moments M_n.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la formule fondamentale de la théorie de la série de Dirichlet.* Note [1] de M. **Jean Braïtzeff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Supposons que la série

(1) $$f(s) = \sum_0^\infty a_n e^{-s\lambda_n},$$

(1') $$0 < \lambda_n < \lambda_{n+1}, \qquad \lim_{n \to \infty} \lambda_n = \infty$$

soit convergente pour quelque valeur complexe s.

[1] Séance du 29 avril 1935.

Alors, comme il est bien connu, il existe un domaine $R(s) > \sigma_0$, où σ_0 est réel et fini, dans une partie bornée quelconque duquel la série (1) converge uniformément et représente une fonction holomorphe.

En posant $e^{-s} = z$, $s = -\log z$, nous aurons une autre série

$$(2) \qquad \theta(z) = \sum_0^\infty a_n z^{\lambda_n},$$

dont le rayon de convergence est supérieur à l'unité.

La fonction $\theta(z)$ se définit uniformément sur la surface de Riemann pour la fonction $s = -\log z$, en posant que, pour quelque $z = \rho > 0$, on a $\rho^{\lambda_n} = e^{\lambda_n \log \rho} > 0$.

Soit

$$(3) \quad F_{\alpha,\varphi}(z) = e^{\varphi i} \sum_0^\infty z^n n \mathfrak{I}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i}); \quad \mathfrak{I}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i}) = \sum_0^\infty \frac{a_s (n^\alpha e^{\varphi i})^{\lambda_s}}{\Gamma(\alpha \lambda_s + 2)} \qquad (0 < \alpha \lesseqgtr 1).$$

Théorème I. — *On a*

$$(4) \qquad \overline{\lim_{n \to \infty}} \sqrt[n]{n \,|\, \mathfrak{I}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i}) \,|} \lesseqgtr e.$$

En se servant de la transformation bien connue d'Abel, on peut écrire

$$(5) \qquad e^{\varphi i} n \mathfrak{I}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i}) = \sum_0^\infty \left[\frac{n^{\alpha\lambda_s + 1}}{\Gamma(\alpha\lambda_s + 2)} - \frac{n^{\alpha\lambda_{s+1}+1}}{\Gamma(\alpha\lambda_{s+1} + 2)} \right] \sum_0^s a_t e^{(\lambda_t + 1)\varphi i}.$$

Comme l'expression $n^{x+1}/\Gamma(x+2)$ atteint son maximum pour $x = n - 1 - \delta$, où $0 < \delta < 1$, nous pouvons écrire

$$(6) \qquad n \,|\, \mathfrak{I}_\alpha(n^\alpha e^{\varphi i}) \,| < \frac{2 M n^{\alpha\lambda_{s_1} + 1}}{\Gamma(\alpha\lambda_{s_1} + 2)},$$

en posant

$$(7) \qquad \left| \sum_0^s a_t e^{(\lambda_t + 1)\varphi i} \right| < M \text{ (const.)},$$

et choisissant s_1 ainsi que $\alpha\lambda_{s_1} \leqq n - 1 - \delta$ et $\alpha\lambda_{s_1+1} \geqq n - 1 - \delta$.

Alors nous déduisons de la relation (6) le résultat (4).

Corollaire. — *La série* (3) *converge pour* $|z| \leqq e^{-1}$.

Théorème. — *On a la formule (fondamentale)*

$$(8) \qquad F_{\alpha,\varphi}(z) = e^{\varphi i} \sum_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\left(\log \frac{1}{z} - 2k\pi i\right)^2} \theta \left[\frac{e^{\varphi i}}{\left(\log \frac{1}{z} - 2k\pi i\right)^\alpha} \right].$$

Il est évident que la série à double entrée

$$(9)\qquad \sum_{n=0}^{n=\infty} z^n \sum_{s=0}^{s=\infty}\left[\frac{n^{\alpha\lambda_s+1}}{\Gamma(\alpha\lambda_s+2)}-\frac{n^{\alpha\lambda_{s+1}+1}}{\Gamma(\alpha\lambda_{s+1}+2)}\right]\sum_{0}^{s} a_t\, e^{(\lambda_t+1)\varphi i}$$

converge absolument pour $|z|<e^{-1}$. Donc nous avons

$$(10)\qquad F_{\alpha,\varphi}(z)=\sum_{s=0}^{s=\infty}\sum_{0}^{s} a_t\, e^{(\lambda_t+1)\varphi i}\sum_{n=0}^{n=\infty} z^n\left[\frac{n^{\alpha\lambda_s+1}}{\Gamma(\alpha\lambda_s+2)}-\frac{n^{\alpha\lambda_{s+1}+1}}{\Gamma(\alpha\lambda_{s+1}+2)}\right].$$

En appliquant la même formule d'Abel à l'expression

$$(11)\qquad \sum_{s=0}^{N}\sum_{0}^{s} a_t\, e^{(\lambda_t+1)\varphi i}\sum_{n=0}^{n=\infty} z^n\left[\frac{n^{\alpha\lambda_s+1}}{\Gamma(\alpha\lambda_s+2)}-\frac{n^{\alpha\lambda_{s+1}+1}}{\Gamma(\alpha\lambda_{s+1}+2)}\right]$$

et faisant N tendre vers ∞, après quelques transformations simples et en vertu de la formule connue

$$(12)\qquad \sum_{n=0}^{n=\infty}\frac{z^n n^{\alpha\lambda_{N+1}+1}}{\Gamma(\alpha\lambda_{N+1}+2)}=\sum_{k=-\infty}^{k=\infty}\frac{1}{\left(\log\frac{1}{z}-2k\pi i\right)^{\alpha\lambda_{N+1}+2}}\quad (^1),$$

nous aurons

$$(13)\qquad F_{\alpha,\varphi}(z)=\sum_{s=0}^{s=\infty} a_s\, e^{(\lambda_s-1)\varphi i}\sum_{-\infty}^{+\infty}\frac{1}{\left(\log\frac{1}{z}-2k\pi i\right)^{\alpha\lambda_s+2}}.$$

En intervertissant, dans le second membre de la relation (13), l'ordre de la sommation, ce qui est possible pour $|z|<\sigma$, où σ est quelque quantité assez petite, la série $\sum_{0}^{\infty} u_t u^t$ étant uniformément convergente pour $|u|<1$, nous déduisons la formule (8). Cette formule est fondamentale dans nos recherches précédentes sur les séries de Dirichlet et quelques autres expressions analytiques.

---

(1) Voir mon Mémoire des *Math. Ann.*, 130, cahier I, 1933, p. 88, form. (21).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une mise au point concernant diverses méthodes de résolution du problème de Dirichlet.* Note de M. **Florin Vasilesco**, présentée par M. Henri Villat.

Ces lignes m'ont été suggérées par la Note (¹) de M. Lebesgue dans laquelle l'auteur donne les notions de point régulier et irrégulier de la frontière d'un domaine. Rappelons brièvement ces notions. M. Lebesgue avait remarqué auparavant que, dans toutes les méthodes de résolution du problème de Dirichlet, il y avait deux parties : la construction d'une fonction harmonique V dans un domaine D, attachée à une fonction continue f sur la frontière F de D, et l'étude de la continuité de V au voisinage de cette frontière, qu'à l'aide d'artifices variés on s'efforçait de faire. Il appelle point régulier de F un point pour lequel cette continuité a lieu quelle que soit f. Un point sera irrégulier s'il existe des fonctions f pour lesquelles la continuité n'a plus lieu. D'un tel point il a donné un exemple (²) célèbre. Enfin, il donne des conditions de régularité, d'irrégularité d'un point frontière, d'impossibilité du problème de Dirichlet, et énonce les conditions de régularité données auparavant par MM. Zaremba (³) et Bouligand (⁴).

Cependant, il démontre que le caractère de régularité est local : celui-ci ne dépend que de la frontière dans le voisinage du point, et a par là une individualité indépendante du reste de la frontière. On doit remarquer, toutefois, qu'il est lié aussi au procédé employé pour définir la fonction V. Ceci est important, car M. Lebesgue et, peu après, M. Wiener (⁵), comparent les différents critères que l'on connaissait alors.

Or, un emploi simultané de plusieurs critères n'est, *a priori*, justifié que si les procédés auxquels ces critères sont liés conduisent tous à la même fonction V. Il est clair, en effet, que si tous les points frontière d'un domaine étaient réguliers, mais grâce à des critères liés à des procédés ne conduisant pas à la même fonction V, ces critères ne sauraient être employés.

Pourtant, ce qui rendait cette compaison possible, c'était que tous les géomètres qui s'étaient occupés du problème de Dirichlet avaient comme

(¹) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 349.
(²) *C. R. des séances de la Soc. math. de France*, 41, 1913, p. 56.
(³) *Bull. Acad. Sc. de Cracovie*, 28, 1909, p. 197.
(⁴) *Comptes rendus*, 173, 1924, p. 55.
(⁵) *Bull. Mass. Inst. of tech.*, 3, 1924, p. 128.

but de résoudre ce problème, dans des cas de plus en plus étendus, et par conséquent, dès qu'un critère était trouvé, de considérer les domaines dont tous les points frontières étaient réguliers par ce critère, ou, du moins, dont il y avait assez de points frontières qui soient réguliers pour que toute fonction harmonique dans le domaine, et continue en ces points, soit unique. L'exemple de M. Lebesgue rentre dans ce dernier cas, et concerne un seul point irrégulier.

M. Lebesgue, à qui j'ai exposé ces quelques considérations, a bien voulu, d'une part, me confirmer ce qui précède et, d'autre part, me dire que certainement il n'y avait pas de doute dans l'esprit de ces géomètres qu'ils parlaient tous de la même chose, savoir de la même fonction V. Cette identité avait été, parfois, démontrée ou était évidente, comme c'est le cas pour le procédé de M. Zaremba et celui de M. Lebesgue.

D'autres fois, l'existence même de la fonction V que fournissait un procédé, ou son unicité, étaient démontrées en imposant aux points frontières de satisfaire à un critère de régularité.

Pourtant, il y a avantage à dissocier la démonstration de l'existence et de l'unicité, de la considération de tout critère de régularité.

Nous avons cru utile d'élucider ces questions. Nous rapporterons tout au procédé de M. Wiener qui, comme on le sait, conduit à une fonction que l'on appelle *solution du problème de Dirichlet généralisé*. Les recherches dont elle a été l'objet justifient ce choix.

J'ai déjà eu l'occasion (1) de montrer que le procédé du balayage de Poincaré conduit, en fait, à une fonction qui n'est autre que la solution du problème de Dirichlet généralisé. Il en est de même du procédé de balayage employé par M. de La Vallée Poussin (2).

J'ai pu démontrer que le procédé de M. Zaremba conduit également à cette solution, ce qui permet d'énoncer pour la solution du problème de Dirichlet généralisé les propriétés suivantes, à côté de bien d'autres, qui se trouvent dans le mémoire de M. Zaremba.

Elle rend minimum l'intégrale de Riemann correspondant à toute fonction continue dans un domaine et prenant sur la frontière des valeurs continues données, f, s'il existe de telles fonctions pour lesquelles l'intégrale soit finie.

Elle est la solution du problème plus général considéré par M. Zaremba.

---

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 640.
(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 199.

Le procédé de M. Lebesgue (1) conduit comme celui de M. Zaremba à la solution du problème de Dirichlet généralisé, et il en est de même du procédé de Raynor (2), de celui de Phillips et Wiener (3). J'ajoute que M. Perkins (4) a montré, il y a quelques années, qu'un autre procédé de M. Lebesgue (5), par des médiations itérées, conduit à la même solution.

Ainsi *l'unification de ces divers procédés est faite : ils conduisent tous à la* même fonction V, qui est *la solution du problème de Dirichlet généralisé.* D'une manière générale, il semble certain que, chaque fois qu'un problème conduit à la solution du problème de Dirichlet classique, moyennant des conditions restrictives imposées à la frontière, il conduit également à la solution du problème de Dirichlet généralisé si on lève ces conditions et que l'on considère un domaine général. Mais, évidemment, chaque cas doit être examiné individuellement.

CALCUL FONCTIONNEL. — *Sur une forme tensorielle des équations aux dérivées fonctionnelles des fonctions de Green et de Neumann.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Désignons par V un domaine borné, de frontière S (dans l'espace euclidien ou dans le plan), et par $g(A, B)$ et $\gamma(A, B)$ la fonction de Green et la fonction de Neumann relatives à ce domaine. Les formules de M. Hadamard qui donnent les variations de ces fonctions lorsque la frontière se déforme (6) se ramènent à une même forme très simple si l'on introduit les tenseurs

$$(1)\qquad \begin{cases} \vec{\vec{\Phi}}(A, B) = -\operatorname{grad}_A \operatorname{grad}_B g(A, B), \\ \vec{\vec{\Psi}}(A, B) = \operatorname{grad}_A \operatorname{grad}_B \gamma(A, B), \end{cases}$$

ce dernier étant d'ailleurs indépendant de la définition précise de $\gamma(A, B)$;

---

(1) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 699.
(2) *Annales of Mathematics*, 23, 1923, p. 183.
(3) *Jour. Math. Phys. M. I. T.*, 4, 1923, p. 22.
(4) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 182.
(5) *Comptes rendus*, 154, 1912, p. 355.
(6) J. Hadamard, *Leçons sur le calcul des variations*, p. 303 à 312.

on peut, sans le changer, adopter celle de M. Hadamard ou celle de M. Bouligand ([1]).

Ces tenseurs sont en effet tous les deux solutions de l'équation

$$(2) \qquad \omega\, \delta \vec{\mathrm{U}}(\mathrm{A},\mathrm{B}) = \int_{\mathrm{S}} \vec{\mathrm{U}}(\mathrm{A},\mathrm{M})\, \vec{\mathrm{U}}(\mathrm{M},\mathrm{B})\, \delta n\, d\mathrm{S},$$

où ω représente 2π dans le cas du plan et 4π dans le cas de l'espace; δn, compté positivement vers l'intérieur sur la normale à S, définit la déformation de cette frontière; $\vec{\mathrm{U}}(\mathrm{A},\mathrm{M})\,\vec{\mathrm{U}}(\mathrm{M},\mathrm{B})$ est un produit au sens de la théorie des tenseurs, les indices liés à M disparaissant par sommation.

Cette équation est analogue à celle de M. Hadamard qui définit les variations des fonctions

$$(3) \qquad \varphi(\mathrm{A},\mathrm{B}) = -\frac{d^2 g(\mathrm{A},\mathrm{B})}{dn_{\mathrm{A}}\, dn_{\mathrm{B}}}, \qquad \psi(\mathrm{A},\mathrm{B}) = \frac{d^2 \gamma(\mathrm{A},\mathrm{B})}{ds_{\mathrm{A}}\, ds_{\mathrm{B}}},$$

cette dernière dans le cas du plan seulement; j'ai d'ailleurs montré ([2]) que dans ce cas $\varphi(\mathrm{A},\mathrm{B}) = \psi(\mathrm{A},\mathrm{B})$. La forme tensorielle (2) présente l'avantage de s'appliquer aussi à la fonction de Neumann quel que soit le nombre de dimensions (même > 3). En outre elle introduit des tenseurs bien définis dans V, tandis que les expressions (3), qui sont les composantes de ces tenseurs, ne dépendent pas seulement de A et B, mais des directions choisies en ces points. Dans le cas du plan, l'égalité que je viens de rappeler donne une relation simple entre ces deux tenseurs : la composante de l'un d'eux relative à un couple de directions $\vec{l}_{\mathrm{A}}$, $\vec{l}_{\mathrm{B}}$ est égale à celle de l'autre relative aux directions obtenues en faisant tourner à la fois $\vec{l}_{\mathrm{A}}$ et $\vec{l}_{\mathrm{B}}$ d'un angle droit dans le même sens. Quand A et B sont sur S, les directions choisies en chacun de ces deux points étant celles de la tangente et celle de la normale, ces tenseurs n'ont chacun qu'une composante différente de zéro, la composante doublement normale pour $\vec{\Phi}$ et la composante doublement tangentielle pour $\vec{\Psi}$; ces composantes sont égales; on sait que c'est d'elles que dépend la solution des problèmes de Dirichlet et de Neumann. Dans l'espace, le tenseur $\vec{\Psi}$ a quatre composantes doublement

---

([1]) G. Bouligand, G. Giraud et P. Delens, *Le problème de la dérivée oblique en théorie du potentiel*, Paris, 1935. Les hypothèses que nous faisons sur S sont celles indiquées au début de cet Ouvrage.

([2]) *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, 33, 1912, p. 310.

tangentielles non nulles, et il n'y pas de relation simple entre les deux tenseurs, pas plus qu'entre les problèmes de Dirichlet et de Neumann.

L'équation (2) est complètement intégrable, c'est-à-dire qu'on peut en trouver une solution se réduisant pour une détermination particulière de S à un tenseur choisi arbitrairement (du moins sans autre restriction que des conditions de continuité). Bien entendu, si l'on considère une solution ne dépendant pas symétriquement des points A et B, il faut faire attention à l'ordre des points; en changeant cet ordre dans l'un des tenseurs figurant au second membre de l'équation (2), ou dans les deux, on aurait des équations qui ne seraient pas complètement intégrables. Remarquons aussi que l'équation (2) a une propriété que n'ont pas les équations ainsi modifiées : si la condition $\mathrm{Div}_A \vec{U}(A, B) = 0$ est vérifiée initialement, elle reste vérifiée lorsque la frontière se déforme; de même pour $\mathrm{Div}_B \vec{U}(A, B) = 0$; pour les équations modifiées, on a la même propriété pour l'ensemble de ces deux conditions, mais la première ne subsiste seule que si A reste à la première place dans $\vec{U}(A, M)$; de même la seconde que si le second tenseur au second membre est bien écrit sous la forme $\vec{U}(M, B)$ (le fait que ces équations modifiées ne soient pas intégrables n'empêche pas cette remarque d'avoir un sens pour chaque déformation possible de S).

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Les ondes physiques transversales en mécanique ondulatoire et l'oscillateur harmonique à quatre dimensions.* Note de M. **Léon Brillouin**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Dans un travail récent [1] j'étudie la propagation des ondes physiques (ondes élastiques ou électromagnétiques) en mécanique ondulatoire; je montre que l'introduction de variables séparées ramène ce problème à celui d'un oscillateur harmonique dégénéré à deux ou quatre dimensions : les ondes longitudinales (ou transversales de polarisation donnée) correspondent à un oscillateur à deux dimensions; les ondes transversales en milieu isotrope conduisent à un oscillateur à quatre dimensions (*loc. cit.*, § 2 et 4). La conservation du moment de rotation pour cet oscillateur fictif exprime à la fois la conservation du sens de propagation de l'onde phy-

---

(1) *Journ. Phys.*, 6, 1935, p. 185.

sique et de son type de polarisation rotatoire; la quantification des variables angulaires entraîne celle de la polarisation.

Appelons ξ_1, η_1, ξ_2, η_2 les quatre coordonnées de l'oscillateur fictif; nous pourrons former les fonctions d'onde de plusieurs façons, qui doivent nécessairement être équivalentes :

1° *Chaque coordonnée séparée* peut être traitée comme un oscillateur harmonique simple, avec sa fonction d'onde contenant un polynome de Hermite; sous cette forme, la conservation du moment de rotation est complètement masquée; on a quatre nombres de quanta n_1, n_2, n_3, n_4 pour les quatre coordonnées; il y correspond physiquement quatre ondes stationnaires indépendantes, qui définissent, pour chacune des deux directions de vibrations polarisées rectilignement, des ondes stationnaires en cosinus ou un sinus.

2° On peut *grouper les coordonnées, deux à deux*, en deux oscillateurs plans indépendants. Les fonctions d'onde s'écrivent avec des polynômes de Sonine (*loc. cit.*, § 5). Il y a trois manières distinctes de faire ce groupement, et ces trois types ont des sens physiques très différents :

a. On associe ξ_1 et η_1; ξ_2 et η_2; une fonction d'onde définit alors deux systèmes d'ondes physiques à polarisations rectilignes rectangulaires; pour chaque polarisation on a superposition de deux ondes d'inégales intensités se propageant en sens inverses.

b. On associe ξ_1 et ξ_2; η_1 et η_2; une fonction d'onde définit deux systèmes d'ondes stationnaires physiques, l'un en cosinus, l'autre en sinus; chaque système d'ondes stationnaires présente une certaine polarisation elliptique.

c. On groupe ξ_1 η_2; et ξ_2 et η_1; une fonction d'onde correspond à deux systèmes indépendants d'ondes physiques polarisées circulairement en sens inverses; pour chaque polarisation circulaire on a superposition de deux ondes d'inégales intensités, se propageant dans les deux directions opposées.

3° D'une manière plus générale, on peut introduire des *coordonnées hypersphériques*; soit x_1, x_2, x_3, x_4 une permutation des variables ξ_1, η_1, ξ_2, η_2 (multipliées par un certain facteur $\sqrt{k/h\nu}$); posons

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} x_1 &= s \sin\alpha \sin\beta \sin\gamma, \\ x_2 &= s \sin\alpha \sin\beta \cos\gamma, \\ x_3 &= s \sin\alpha \cos\beta, \\ x_4 &= s \cos\alpha. \end{aligned}\right.$$

La fonction d'onde prend alors la forme suivante ([1]) :

$$\Psi = \mathrm{K}e^{-\frac{s^2}{2}} s^l \mathrm{T}_{l+1}^n(s^2)\sqrt{\operatorname{coséc}\alpha}\,\mathrm{P}_{l+\frac{1}{2}}^{\mu+\frac{1}{2}}(\cos\alpha)\,\mathrm{P}_\mu^m(\cos\beta)\,e^{im\gamma}, \tag{2}$$

K est un facteur de normalisation, T un polynome de Sonine et les P sont des polynomes de Legendre; n, l, μ, m représentent des entiers; l est le moment total de rotation; le nombre total N de quanta et l'énergie totale sont

$$\mathrm{N} = 2n + l, \qquad \mathrm{E} = (\mathrm{N} + 2)\,h\nu. \tag{3}$$

La fonction d'onde représente une superposition des deux ondes physiques à polarisations elliptiques, se propageant en sens opposés.

4° *Les coordonnées angulaires* peuvent être *choisies autrement*

$$\left\{\begin{array}{l} x_1 = s\cos\varphi\cos\theta_1 \\ x_2 = s\cos\varphi\sin\theta_1 \\ x_3 = s\sin\varphi\cos\theta_2 \\ x_4 = s\sin\varphi\sin\theta_2 \end{array}\right. \qquad \left(0 \leqq \varphi \leqq \frac{\pi}{2};\ 0 \leqq \theta \leqq 2\pi\right). \tag{4}$$

La fonction d'onde s'écrit alors (Bateman, p. 389-397)

$$\Psi = \mathrm{K}e^{-\frac{s^2}{2}} s^l \mathrm{T}_{l+1}^n(s^2)(\cos\varphi)^{|m_1|}(\sin\varphi)^{|m_2|}\,\mathrm{H}_{n_0,|m_1|,|m_2|}(\sin^2\varphi)\,e^{im_1\theta_1+im_2\theta_2} \tag{5}$$

H est ici un polynome de Jacobi, et l'on a

$$l = 2n_0 + |m_1| + |m_2| \qquad (\mathrm{N} = 2n + l). \tag{6}$$

Cette solution s'apparente à celle obtenue en 2° par groupement des coordonnées deux à deux.

Avec la diversité des permutations de coordonnées dans ces dernières fonctions, on voit qu'on a une très grande variété de solutions; chaque type de fonction peut être exprimé par une combinaison linéaire des fonctions d'un autre type, correspondant au même nombre total de quanta N. Ces combinaisons linéaires seraient intéressantes à former, et

---

([1]) Le terme radial est obtenu (*loc. cit.*, § 4); les fonctions des angles sont tirées des études sur l'équation du potentiel à quatre dimensions (Bateman, *Partial differential equations*, Cambridge, Univ. Press., 1932, p. 384; Zernike et Brinkman, *Proceedings Amsterdam*, 38, 1935, p. 16). Le volume de Bateman contient quelques fautes d'impression dans les formules.

exprimeraient (en mécanique ondulatoire) la possibilité de décomposer des ondes stationnaires en ondes en propagation, ou bien des ondes polarisées rectilignement en ondes circulaires; quelques exemples particuliers m'ont permis de m'assurer que les règles classiques se retrouvent pour les grands nombres de quanta, mais ne sont plus valables pour de petits nombres quantiques. En calculant les matrices relatives à divers types de perturbation, on aurait les lois d'émission et d'absorption du rayonnement, avec les règles de sélection; c'est ce que j'ai déjà fait (*loc. cit.*, § 6) pour les ondes longitudinales.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la mesure des pressions développées par les substances explosives.* Note [1] de M. **Paul Bernard**, présentée par M. Charles Fabry.

Pour la mesure des pressions développées par les explosifs, on utilise habituellement des manomètres à écrasement, comportant l'écrasement d'un « crusher » par un piston soumis à l'action des gaz. La correspondance entre l'écrasement final du crusher et la pression maximum appliquée dépend des conditions de l'écrasement.

Sarrau et Vieille [2], étudiant la résistance opposée par un cylindre de métal (crusher) à l'écrasement sous l'action d'une force agissant sur le crusher par l'intermédiaire d'un piston, ont montré que l'écrasement final du crusher dépend, pour une même valeur de la pression maximum appliquée, de la masse du piston et de la rapidité de développement de la pression.

En ce qui concerne les manomètres, il y a lieu de considérer la nature du crusher, le diamètre et le poids du piston. D'autre part, il faut faire intervenir, en ce qui concerne le développement de la pression, sa rapidité qui est définie par un « coefficient de vivacité » égal à la valeur maximum du coefficient angulaire de la tangente à la courbe donnant les pressions en fonction du temps.

Les pressions données par les manomètres à écrasement sont dites *pressions crushers*. Elles sont déduites de l'écrasement final des crushers au moyen d'une table de correspondance, établie en appliquant au crusher

---

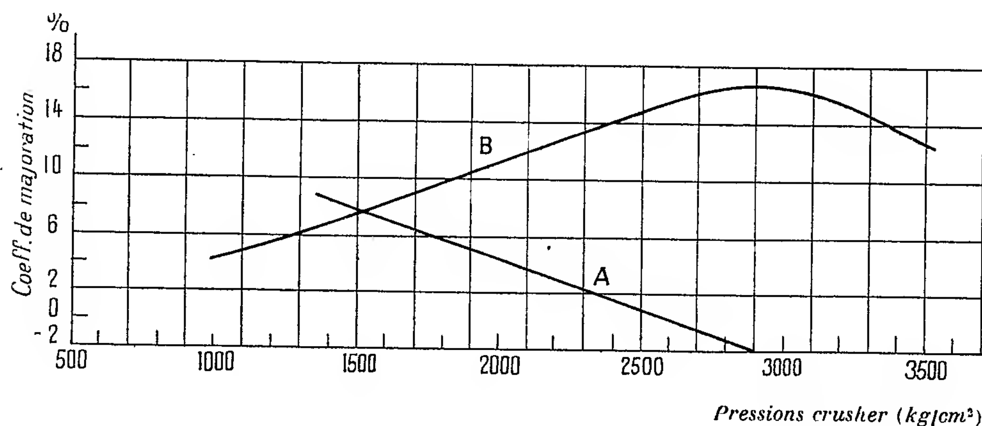
(1) Séance du 13 mai 1935.

(2) *Comptes rendus*, 95, 1882, p. 26, 130, 180.

une force croissant à vitesse constante et jusqu'à une valeur connue puis retombant brusquement à zéro. La durée de développement de la force est de l'ordre de la minute.

On peut utiliser également un dispositif piézoélectrique par manomètre à quartz, oscillographe Dufour et tarage direct par dynamomètre à huile. On a établi précédemment (¹) que les pressions enregistrées avec ce dispositif ne dépendent pas des conditions de développement des pressions et sont égales aux pressions vraies appliquées.

La présente communication rend compte des résultats d'expériences au cours desquelles on a déterminé comparativement les pressions vraies et les pressions crushers, développées par la combustion en vase clos de poudres



à très grande vivacité de l'ordre de 10000 en exprimant les temps en secondes et les pressions en tonnes par centimètre carré.

On a comparé la *pression crusher* à la pression vraie à l'aide d'un coefficient ρ, dit *coefficient de majoration* par la formule

$$\text{P vraie} = \text{P crusher}\,(1+\rho) \qquad \text{où} \qquad \rho = \frac{\text{P vraie} - \text{P crusher}}{\text{P crusher}}.$$

Cette étude comporte deux types d'essais A et B, qui diffèrent par les caractéristiques du manomètre à écrasement :

A. Crusher en cuivre de 13/8 (²) : piston de $1^{\text{cm}^2},2$; poids 54^{g}.

B. Crusher en cuivre de 4,90/3 (²) : piston de $0^{\text{cm}^2},12$; poids 2^{g}.

(¹) P. Bernard, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1388; 200, 1935, p. 223.

(²) Le numérateur indique la hauteur, le dénominateur le diamètre du cylindre crusher, mesurés en millimètres.

Les résultats obtenus sont résumés par le graphique suivant où sont portées en abcisses les *pressions crushers* en kilogrammes par centimètre carré et en ordonnées les valeurs de ρ correspondantes.

Aux conditions A et B correspondent respectivement les courbes A et B.

Ces essais permettent de chiffrer l'influence considérable du manomètre à écrasement utilisé sur les résultats des mesures des pressions développées par des explosifs à grande vivacité.

A (courbe A). Le manomètre à écrasement à piston *lourd* donne lieu à un *écrasement dynamique* très caractérisé.

B (courbe B). Le manomètre à écrasement à piston *léger* et section réduite donne lieu à une courbe régulière des coefficients de majoration en fonction de la pression crusher.

La *pression crusher* est toujours plus faible que la pression vraie. L'écart augmente d'abord avec la pression pour les pressions inférieures à 3000 kg/cm² et décroît au delà. L'écart maximum atteint près de 17 pour 100 au voisinage de 3000 kg/cm².

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'interprétation de l'absorption continue de l'hydrogène dans les étoiles des premiers types spectraux.* Note de MM. **Daniel Barbier, Daniel Chalonge** et **Étienne Vassy**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Le spectre continu des étoiles des premiers types spectraux semble pouvoir se caractériser, dans le domaine spectral 3000-4500 Å, par trois nombres T, D_{3700} et p [1]. T est la température de couleur (entre 4000-4500 Å), D_{3700} et p sont deux nombres figurant dans l'expression

$$D = D_{3700} + p(3700 - \lambda) \tag{1}$$

qui représente la différence entre les log d'intensité du corps noir de température T et de la courbe réellement observée.

2. Nous nous proposons ici d'interpéter la formule (1). On peut faire, entre autres, les deux hypothèses extrêmes suivantes :

a. L'absorption continue a lieu à l'extérieur de la photosphère de l'étoile.

b. Elle a lieu dans la photosphère elle-même.

---

[1] Barbier, Chalonge et Vassy. *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 378, et *J. de Physique*, 6, 1935 p. 137. Ce travail a été fait à la station scientifique du Jungfraujoch.

La première hypothèse, dans laquelle D représenterait réellement la densité optique de l'hydrogène, est immédiatement contredite par les faits. On devrait avoir dans ce cas (en pratique quelle que soit la théorie du coefficient d'absorption continue de l'hydrogène; Milne, Oppenheimer, Stobbe, etc.) : $D = k\lambda^3$ ou, d'une façon très approchée,

$$D = k \times 3700^3 \left[1 + \frac{3}{3700} (\lambda - 3700) \right]$$

où k est une constante positive. Cette relation entraîne

$$\frac{D_{3700}}{p} = -\frac{3700}{3},$$

égalité qui est très loin d'être vérifiée.

La deuxième hypothèse a déjà donné lieu à des travaux de Unsöld (1) et Mc Crea (2). Ils l'ont soumise au calcul et leurs résultats, en ce qui concerne D_{3700}, ont été comparés aux mesures de Yü (3); l'accord a été jugé satisfaisant. Nous allons montrer qu'en réalité il n'en est rien et que les valeurs de D_{3700} que l'on peut déduire des observations de Yü sont systématiquement trop faibles.

La valeur de D_{3700} doit, au plus, être égale à la différence des log des intensités émises, pour 3700 Å, par un corps noir de température T_e, température effective de l'étoile, et par un corps noir de température T_0, température superficielle de l'étoile. Or, on sait que $T_0 = 0{,}841\, T_e$ et, par suite, on peut calculer les valeurs limites supérieures de D_{3700} pour diverses températures effectives :

10^{-3}T.........	4.	8.	12.	16.	20.	25.	30.	40.
D_{3700}.........	0,500	0,250	0,176	0,137	0,111	0,097	0,090	0,079

Des étoiles, telles que α Cyg. (A_2) et ε UMa. (A_0) par exemple, devraient avoir des températures effectives de l'ordre de 4000°, absolument inadmissibles, pour que leurs valeurs de D_{3700} soient explicables dans l'hypothèse que nous envisageons.

Si nous adoptons comme température effective des étoiles les températures de couleur que nous avons déterminées, et qui n'en sont probablement

(1) *Zeitschrift für Astrophysik*, 3, 1931, p. 81; 8, 1934, p. 32 et 226.
(2) *Monthly Notices*, 91, 1931, p. 836.
(3) *Lick Observatory Bulletin*, 12, 1926. p. 104 et 155.

pas très éloignées, nous constatons que les valeurs de D_{3700} sont inférieures à la valeur limite calculée ci-dessus seulement pour ζ Oph. (B_0), ζ Per. (B_1), ε Per. (B_1), β Cas. (F_5) et α UMi. (F_8).

Les valeurs de D_{3700} que l'on peut déduire des nombres R donnés par Yü sont inférieures à 0,15 environ aux nôtres pour les cinq étoiles communes dans nos listes et ceci tient certainement à l'incertitude de la méthode de gradation photométrique qu'il a utilisée. Cette erreur a eu pour effet d'amener les valeurs de Yü à être inférieures à la limite de D_{3700} alors que les valeurs correctes sont supérieures à cette limite et, par suite, en désaccord avec la théorie.

3. Nous expliquons les apparences de l'absorption continue de l'hydrogène par la superposition des deux hypothèses énoncées ci-dessus. Une partie de l'absorption se produit dans la photosphère de l'étoile et l'autre partie dans une nébuleuse qui l'entoure. Une telle enveloppe nébulaire a déjà été reconnue indispensable pour expliquer ([1]) le spectre d'émission de certaines étoiles B. Elle n'est d'ailleurs pas en équilibre statique ainsi que Gerasimovič l'a montré ([2]). D'après la théorie de Zanstra ([3]), les rayons stellaires seuls effectifs pour produire l'émission sont ceux de longueur d'onde inférieure à la limite de la série de Lyman. Si ces rayons sont complètement arrêtés par une trop grande abondance d'hydrogène photosphérique dans l'état $n = 1$, la nébuleuse ne pourra pas se déceler par son émission mais seulement par son absorption. Nous avons vérifié par le calcul que cette hypothèse permet, dans les limites des erreurs d'observation et de l'incertitude qui règne sur les températures effectives des étoiles, d'expliquer complètement les circonstances présentées par l'absorption continue de l'hydrogène. Il semble donc qu'il sera nécessaire de reviser les estimations que divers auteurs ont faites du nombre des atomes d'hydrogène dans l'état $n = 2$ que contient la photosphère jusqu'à une profondeur optique donnée, ainsi d'ailleurs que divers calculs basés sur l'examen des raies de l'hydrogène dans les premiers types spectraux.

([1]) Voir par exemple S. Rosseland, *Astrophysical Journ.*, 63, 1926, p. 218 et O. Struve, divers articles dans *Astr. Journ. et Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 1195.

([2]) *Monthly Notices*, 94, 1934, p. 737.

([3]) *Astr. Journ.*, 65, 1927, p. 50; *Victoria Publ.*, 4, 1931, p. 209; *Zeitschrift für Astrophysik*, 2, 1930, p. 1.

CHALEUR. — *La conductibilité thermique des métaux mis sous forme de petits barreaux*. Note (1) de M. **Aurel Potop**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons indiqué (2) que la convection naturelle était assez bien définie pour qu'il fût possible de déterminer avec précision la conductibilité d'un petit barreau, en observant la variation de la puissance que dissipe, dans les mêmes conditions de température, un petit four électrique contenu dans une enceinte, lorsqu'il est traversé, et dans diverses positions, par le barreau, ce dernier rayonnant par convection, dans cette même enceinte qui lui est coaxiale, de la chaleur empruntée au four, et des précautions étant prises pour que les dissipations propres du four et du barreau soient bien indépendantes (3).

Dans la détermination effective de cette conductibilité, deux difficultés essentielles se sont présentées :

1° Le coefficient d'échange thermique entre le barreau et le four, qui est lié à la résistance de contact barreau-four, n'est pas très bien défini, à cause, en particulier, des défauts de forme du barreau, qui lui font toucher plus fortement la paroi du four en certains points;

2° Lorsque le barreau est un peu long (c'est le cas des barreaux très conducteurs, le long desquels la température serait sans cela presque uniforme, ce qui rendrait la chaleur dissipée par le barreau presque indépendante de sa position dans le four, et s'opposerait à l'application de la méthode) le centrage du barreau dans l'enceinte doit être assez rigoureux : un petit angle entre l'axe du barreau et l'axe de l'enceinte se traduit en effet, pour les parties du barreau un peu éloignées du four, par un excentrement de plus en plus notable, d'où résulte une variation sensible du coefficient d'échange avec l'enceinte, lorsque cet excentrement n'est plus assez petit.

Ces deux défauts rendent caduque la théorie de cette méthode, qui suppose essentiellement que les coefficients d'échange du barreau sont constants en tous les points. Heureusement d'ailleurs, le coefficient

(1) Séance du 13 mai 1935.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1847.

(3) Vernotte, *Journ. Phys.*, 7e série, 4, 1933, p. 7S; *Science et Industrie*, 1933, nos 228 à 233.

d'échange four-barreau, qui est le moins bien défini, joue aussi le rôle le plus effacé.

Nous avons résolu le problème en fixant rigidement le four dans l'enceinte, dans une position correcte, et en assurant la position correcte du barreau dans l'enceinte, par son centrage exact dans le four, le diamètre du canal dans lequel rayonne le barreau ayant été un peu augmenté, pour réduire l'influence d'un défaut de position.

A cet effet, le four est amené en position correcte, au moyen de deux broches parfaitement ajustées dans l'enceinte, et les deux supports de verre qui définissent sa mise en place sont alors bloqués par des dispositifs de serrage extérieurs. On a d'autre part porté à quelques centièmes de millimètre le jeu du barreau dans le four parfaitement travaillé, et le barreau est appuyé dans le four contre quatre minuscules ergots d'os (substance isolante très dure et de propriétés thermiques bien définies) au moyen d'un cinquième ergot en acier (que nous remplacerons par un ergot en os) poussé par un ressort.

Ces diverses dispositions ayant un peu réduit les coefficients d'échange, le barreau dissipe moins de puissance; aussi a-t-on donné au four une forme plus ramassée qui réduit sa propre dissipation. Il a reçu par ailleurs des contours plus arrondis qui améliorent son isothermie; et l'enceinte, au prix d'un usinage assez complexe, a pu être réalisée d'un seul bloc et très massive, ce qui rend sa température plus uniforme et plus lentement variable.

M. Vernotte a montré (*loc. cit.*) que, malgré la complexité du phénomène, la quantité de chaleur Q dissipée par le barreau, de diamètre D, pour un écart de température T entre four et enceinte, était reliée très sensiblement par la formule simple ci-dessous, aux coefficients d'échange (H entre le four et le barreau, h entre l'enceinte et le barreau), et au coefficient de conductibilité k

$$\frac{\pi DT}{Q} = \frac{1}{H\lambda} + \frac{1}{h(\mu - \lambda)} + \frac{\mu}{Dk}\left(\frac{4}{3} - \eta\right),$$

où μ et λ sont respectivement les longueurs du barreau et de son logement dans le four, et η un paramètre définissant la position du barreau : le barreau émergeant du four, d'une longueur l, on pose $\xi = l:(\mu - \lambda)$, et $\eta = 4\xi(1 - \xi)$.

L'inverse de Q est ainsi une fonction linéaire de η. Deux expériences suffisent donc en principe pour déterminer la droite correspondante et

par suite k (qui est lié à sa pente); mais nous avons vérifié la forme de cette loi au moyen d'un grand nombre de points.

Nos expériences ont porté sur un barreau d'argent à 10 pour 100 de cuivre, de 4^{mm} de diamètre, dans des conditions particulièrement défavorables, puisque sa longueur était grande (117^{mm}) et que, par suite de la mollesse du métal, sa cylindricité laissait beaucoup à désirer. L'écart T (de l'ordre d'une cinquantaine de degrés) étant resté le même dans toutes les expériences, nous avons trouvé pour k, 0,82 $cal.cm^{-1}.deg^{-1}.sec^{-1}$, au lieu de la valeur 0,84, résultant de l'application des méthodes classiques.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *La vitesse de transport de l'énergie électromagnétique.* Note (¹) de M. **Jacques Van Mieghem**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Considérons un milieu de constante diélectrique ε et de coefficient de conductibilité σ dans lequel il y a une répartition uniforme d'ions de masse m et de charge e; soit $\mathfrak{N}$ la concentration ionique. Sous l'influence d'un champ électrique sinusoïdal incident $\vec{H} = \vec{A}\cos(\Omega + \varphi)$, les ions prennent un mouvement d'oscillations forcées de même pulsation ω. Nous avons posé $\Omega \equiv \omega[t - (\alpha x + \beta y + \gamma z)/w]$ où w est la *vitesse de phase*. L'élongation $\vec{r}$ d'un ion est donnée par (²)

$$(1) \qquad \dot{\vec{r}} = \frac{\frac{e}{m}\vec{A}\cos(\Omega + \varphi + \vartheta)}{+\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2\omega_1^2}}$$

avec

$$\sin\vartheta = \frac{-\omega\omega_1}{+\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2\omega_1^2}} \quad \text{et} \quad \cos\vartheta = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{+\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2\omega_1^2}},$$

où ω_0 et $\omega_1/2$ représentent la pulsation propre et l'amortissement d'un ion.

Du point de vue de la propagation des ondes électromagnétiques, un milieu ionisé se comporte comme un milieu absorbant dont la constante diélectrique ε' et le coefficient de conductibilité σ' sont

$$(2) \qquad \varepsilon' \equiv \varepsilon + 4\pi\frac{\mathfrak{N}e^2}{m}\frac{\omega_0^2 - \omega^2}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2\omega_1^2}, \qquad \sigma' \equiv \sigma + \frac{\mathfrak{N}e^2}{m}\frac{\omega^2\omega_1}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \omega^2\omega_1^2}.$$

(¹) Séance du 6 mai 1935.

(²) L. Brillouin, *La théorie des quanta et l'atome de Bohr* (Conférences-Rapports, Paris, 1927), p. 169 et 170.

Le bilan de l'énergie électromagnétique s'écrit

$$(3)\qquad -\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\varepsilon}{8\pi}\mathrm{H}^2+\frac{\mu}{8\pi}\mathcal{H}^2\right)=\left[\vec{\mathrm{H}}.\left(\vec{\mathrm{C}}_v+\vec{\mathrm{C}}_d\right)\right]+\operatorname{div}\frac{c\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}{4\pi}\left[\vec{\mathrm{H}}\times\vec{\mathcal{H}}\right],$$

où C_v et C_d sont le courant de convection et le courant de conduction. Le champ magnétique $\vec{\mathcal{H}}\equiv\vec{\mathcal{A}}\cos(\Omega+\psi)$ qui accompagne le champ électrique $\vec{\mathrm{H}}$ dans l'onde est tel que les vecteurs $\vec{\mathrm{A}}$, $\vec{\mathcal{A}}$ et le vecteur unité $\vec{\mathrm{N}}(\alpha, \beta, \gamma)$ normal à l'onde forment un trièdre trirectangle dextrogyre. Il résulte des équations maxwelliennes que

$$(4)\qquad \varepsilon'\mathrm{A}^2=\frac{\mu}{+\sqrt{1+\left(\frac{4\pi\sigma'}{\varepsilon'\omega}\right)^2}}\mathcal{A}^2 \quad\text{et}\quad \cos(\varphi-\psi)=+\sqrt{\frac{1+\sqrt{1+\left(\frac{4\pi\sigma'}{\varepsilon'\omega}\right)^2}}{2\sqrt{1+\left(\frac{4\pi\sigma'}{\varepsilon'\omega}\right)^2}}}.$$

Ensuite, on a

$$(5)\qquad \vec{\mathcal{C}}_v\equiv\mathfrak{N}e\dot{\vec{r}} \quad\text{et}\quad \vec{\mathcal{C}}_d\equiv\sigma\vec{\mathrm{H}},$$

où le point désigne une dérivation pour le temps t. Alors un calcul facile montre que

$$\left(\vec{\mathrm{H}}.\vec{\mathcal{C}}_v\right)\equiv\mathfrak{N}m\left(\omega_0^2 r\dot{r}+\dot{r}\ddot{r}+\omega_1\dot{r}^2\right);$$

d'où le bilan énergétique [1]

$$(6)\qquad \boxed{-\frac{\partial \mathrm{W}'}{\partial t}=\mathfrak{N}m\omega_1\dot{r}^2+\sigma\mathrm{H}^2+\operatorname{div}\frac{e\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}{4\pi}\left[\vec{\mathrm{H}}\times\vec{\mathcal{H}}\right],}$$

où nous avons posé

$$(7)\qquad \boxed{\mathrm{W}'\equiv\frac{\varepsilon}{8\pi}\mathrm{H}^2+\frac{\mu}{8\pi}\mathcal{H}^2+\frac{\mathfrak{N}m}{2}\left(\omega_0^2 r^2+\dot{r}^2\right).}$$

Etendons l'interprétation cinématique du théorème de Poynting donnée par Th. De Donder [2]. Le bilan (6) conduit tout naturellement à définir *la vitesse de transport* $\vec{u}$ *de l'énergie par*

$$(8)\qquad \vec{u}=\frac{c\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}{4\pi}\,\frac{\left[\vec{\mathrm{H}}\times\vec{\mathcal{H}}\right]}{\mathrm{W}'}.$$

---

(1) Le bilan (6) a été obtenu par E. White dans le cas où $\sigma\equiv 0$ et $\omega_1\equiv 0$; voir *Electromagnetic Waves*, Londres, 1934, p. 68.

(2) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 687.

Alors le long des trajectoires (8) de l'énergie, on a

(9) $$\frac{d}{dt}\iiint W'\,\partial x\,\partial y\,\partial z = -\iiint(\mathcal{N} m\omega_1 r^2 + \sigma H^2)\,\partial x\,\partial y\,\partial z < 0.$$

Le second membre de (9) est de la *puissance dissipée;* en moyenne (*temporelle*), celle-ci constitue l'effet Joule.

La valeur moyenne $\vec{U}$ de la vitesse de transport $\vec{u}$ de l'énergie est donnée par

(10) $$\vec{U} = \frac{\frac{c\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}{8\pi}\,\mathrm{A}\,\mathcal{A}\cos(\varphi-\psi)}{\frac{\varepsilon}{16\pi}\mathrm{A}^2 + \frac{\mu}{16\pi}\mathcal{A}^2 + \frac{\mathcal{N} m}{4}\,\frac{\omega_0^2+\omega^2}{(\omega_0^2-\omega^2)^2+\omega^2\omega_1^2}\,\frac{e^2}{m^2}\,\mathrm{A}^2}\vec{N},$$

d'où, (4),

(11) $$\vec{U} = \frac{\vec{w}}{1+4\pi\frac{\mathcal{N} e^2}{m}\,\frac{\mu}{\varepsilon_0\mu_0}\,\frac{\omega^2}{(\omega_0^2-\omega^2)^2+\omega^2\omega_1^2}\left(\frac{w}{c}\right)^2}$$

avec

(12) $$\vec{w} = +c\sqrt{\frac{\varepsilon_0\mu_0}{\varepsilon'\mu}\,\frac{2}{1+\sqrt{1+\left(\frac{4\pi\sigma'}{\varepsilon'\omega}\right)^2}}}\,\vec{N}.$$

Lorsque $\sigma \equiv 0$ et que le terme $(4\pi\sigma'/\varepsilon'\omega)^2$ est négligeable vis-à-vis de 1 (*cas des hautes fréquences*), la formule (11) devient identique à celle de L. Brillouin ([1]). Celui-ci a aussi montré que la vitesse $\vec{U}$ n'est autre que *la vitesse de groupe* quand $\omega_1 \equiv 0$ et $\sigma \equiv 0$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le dépôt électrolytique d'alliages de cuivre et d'étain.*

Note de M. **Charles Béchard**, présentée par M. Georges Urbain.

Le dépôt électrolytique d'un alliage de composition déterminée exige en général une composition constante de la solution.

Pour maintenir invariables les proportions des deux sels en solution durant une période d'électrolyse prolongée, nous avons indiqué ([2]) un

([1]) *Loc. cit.*, voir p. 15, formule (20).

([2]) Ch. Béchard, *Comptes rendus*, 196. 1933, p. 1480.

procédé consistant dans l'emploi, comme anodes solubles, des deux métaux purs mis en court-circuit. On pouvait faire varier les quantités relatives des métaux fournies à la solution en choisissant convenablement le rapport des surfaces exposées.

Ce procédé nous a permis de faire fonctionner des bains de dépôt de laiton d'une manière continue.

On se heurte cependant à des difficultés lorsqu'on cherche à appliquer la même méthode au dépôt électrolytique des alliages cuivre-étain, à partir des métaux purs. Un électrolyte approprié est constitué par un mélange d'oxalates complexes d'étain et d'ammonium et de cuivre et d'ammonium. On sait que l'électrolyse de cette solution fournit un dépôt d'alliage en dépit de l'écart des potentiels des deux métaux séparés par rapport à la solution. Une lame d'étain plongée dans ce mélange d'électrolyte déplace spontanément le cuivre de la solution, et ce phénomène s'accentue lorsque cette lame d'étain est mise en court-circuit avec une lame de cuivre plongeant dans la même solution. Pour que, dans ce bain d'oxalates et en dépit de l'existence de ce couple cuivre-étain, l'étain puisse fonctionner normalement comme anode soluble sans retirer du cuivre de la solution, il s'est avéré indispensable de l'attaquer avec une densité du courant élevée (5 à 10 ampères par décimètre carré). Nous avons par ailleurs observé qu'une légère amalgamation de la lame d'étain montée en anode régularisait nettement l'attaque anodique sans nuire à la conservation du bain ou à la qualité du dépôt, le mercure (d'ailleurs présent en très faible quantité) restant inattaqué.

Par contre, la dissolution anodique du cuivre ne s'effectue correctement qu'à faible densité de courant (0,5 ampère par décimètre-carré). A densité de courant plus élevée, l'anode de cuivre se désagrège; cette désagrégation conduit à l'obtention de dépôts rugueux, par suite de la précipitation sur la cathode des fines particules de cuivre passées en suspension dans le bain.

Ces conditions ne peuvent être remplies en employant le dispositif simple d'*anodes bimétalliques* qui a fait ses preuves dans le cas du dépôt de laiton.

Nous avons par conséquent eu recours à un dispositif nouveau comportant trois circuits électriques indépendants. Le circuit principal est constitué par la cathode sur laquelle on cherche à déposer l'alliage et par une anode *insoluble* en charbon. La régénération du bain en métaux est assurée par deux circuits auxiliaires dont chacun comporte, comme anode, le métal à dissoudre (cuivre ou étain); la cathode correspondant à chacune de ces deux anodes est disposée dans un vase poreux renfermant une solution ne

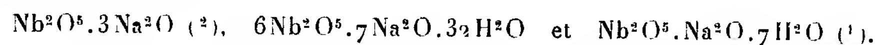
donnant qu'un dégagement d'hydrogène. Les trois circuits étant alimentés par des sources de courant séparées, il est facile de régler indépendamment les trois intensités de courant, et de leur donner les valeurs reconnues convenables. Ce dispositif est précieux surtout dans le cas (fréquent) où le rendement faradique, en métaux, à la cathode n'a pas la même valeur que le rendement anodique. Il permet d'éviter, soit un appauvrissement (rendement anodique inférieur au rendement cathodique), soit un enrichissement exagéré (dans le cas inverse) de la solution en sels métalliques.

Nous avons également utilisé un bain alcalin de dépôt de bronze (stannate d'étain et cuprocyanure de potassium) dans lequel on n'observe pas de déplacement du cuivre par l'étain, même lorsque l'anode d'étain est mise en court-circuit avec l'anode de cuivre. Cependant, l'attaque anodique de l'étain reste déficiente. Pour obtenir une dissolution satisfaisante de l'étain, il suffit de monter les anodes de métaux purs en parallèle, après avoir disposé chacune d'elles en série avec une résistance variable et un instrument de mesure (milliampèremètre). On peut ici utiliser sans inconvénient une source de courant unique. Ce dispositif a permis de maintenir au bain alcalin sa teneur initiale en métaux après des électrolyses de plusieurs heures, et d'obtenir, pendant ce temps, des dépôts de bronze de composition constante.

ÉLECTROCHIMIE. — *Conductivité et hydrolyse des niobates de sodium.* Note de M. **Pierre Süe**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude physicochimique des niobates de sodium a été poursuivie par des mesures de conductivité équivalentes; en plus de la détermination des constantes, l'examen des conductivités moléculaires m'a permis de déduire le nombre d'ions en solution, et l'hydrolyse a précisé l'état des sels en solution confirmant les résultats précédemment exposés (¹).

Conductivité des solutions de niobates de sodium. — J'ai opéré sur trois niobates de sodium :


$Nb^2O^5.3Na^2O$ (²), $6Nb^2O^5.7Na^2O.32H^2O$ et $Nb^2O^5.Na^2O.7H^2O$ (¹).

Ces sels sont peu solubles dans l'eau, ce qui limite le nombre des mesures

(¹) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1326.
(²) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1696.

possibles. Les conductivités furent mesurées dans un thermostat réglé à 18°. Les résultats obtenus sont exposés dans le tableau ci-dessous.

Dilution.	Normalité équivalente.	$10^3\lambda$.	Λ_E.	Λ_M.	pH.	10^2(OH).	Hydrolyse pour 100.
			$Nb^2O^5 3Na^2O$.				
256...	0,0234	3,30	141	846,1	12,11	1,28	54,6
512...	0,0117	1,72	147	882,1	11,87	0,74	63,2
1024...	0,00585	0,885	150,9	905,7	11,61	0,40	69,3
			$Nb^2O^5 \frac{7}{6} Na^2O \frac{32}{6} H^2O$.				
128...	0,0182	1,47	80,9	188,9	11,40	0,25	13,2
256...	0,0091	0,83	90,9	212,3	11,05	0,112	12,5
512...	0,00455	0,465	101,9	237,7	10,79	0,0617	13,5
1024...	0,00227	0,25	109,8	256,3	10,40	0,025	11
			$Nb^2O^5 Na^2O 7H^2O$.				
128...	0,0156	1,12	71,7	143,5	10,30	0,020	1,3
256...	0,0078	0,635	81,5	163	10,45	0,028	3,6
512...	0,0039	0,37	94,2	188,4	10,15	0,014	3,6
1024...	0,00195	0,202	103,8	207,5	9,04	0,0109	5,6

Afin de déterminer si ces corps évoluaient en solution, on a tout d'abord mesuré sur chacun d'eux la conductivité immédiate. Les valeurs trouvées sont les mêmes que sur les solutions qui ont subi un chauffage préalable de trois heures à 80°; il ne se passe donc aucune transformation même à chaud, et un seul état est possible en solution.

Les conductivités moléculaires (Λ_M) calculées à partir des conductivités équivalentes (Λ_E) sont très élevées pour l'orthoniobate : les résultats ne peuvent donc s'expliquer que par une très forte décomposition de ce sel en soude libre et niobate de sodium. Dans le but de préciser la nature du sel formé, on peut effectuer les sommes des conductivités moléculaires de chacun des deux autres niobates, et de la conductivité moléculaire des molécules de soude respectivement complémentaires à $3Na^2O$; mais les chiffres obtenus sont très voisins et ne permettent pas par comparaison avec la valeur expérimentale (900) trouvée pour l'orthoniobate de choisir parmi ces deux sels.

Par contre pour les deux sels $Nb^2O^5 7/6 Na^2O$ et $Nb^2O^5 Na^2O$ on obtient des valeurs expérimentales de Λ_M égales à 256 et 207 pour la dilution 1024 ce qui d'après les données classiques correspond à 3 ions en solution.

Quant aux conductivités équivalentes limites, elles furent déterminées par extrapolation des courbes construites en portant en abscisse la racine cubique de la normalité des solutions et en ordonnée la conductivité équivalente. Les valeurs sont très voisines :

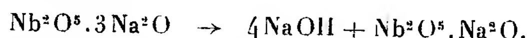
Pour $Nb^2O^5\ 7/6\,Na^2O$, on trouve 143; pour $Nb^2O^5Na^2O$, 138.

Hydrolyse des niobates de sodium. — Les mesures d'hydrolyse furent effectuées en déterminant la concentration en ions hydrogène au moyen de l'électrode à hydrogène, la concentration en ions OH étant calculée à partir de la constante de dissociation de l'eau prise égale à $K = 1,00 . 10^{-14}$. Le pourcentage d'hydrolyse étant établi au moyen de la formule

$$\text{pour } 100 = \frac{(\text{OH}) \times 100}{c},$$

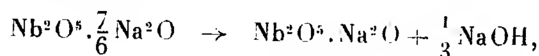
où c représente la concentration en sel. On a admis que la soude était complètement dissociée aux grandes dilutions utilisées.

On observe pour le sel $Nb^2O^5.3Na^2O$ des taux d'hydrolyse élevés. Si l'on admet que ce sel s'hydrolyse avec formation de soude libre et du sel $Nb^2O^5.7/6\,Na^2O$ on trouve que le taux devrait être de 61,6 pour 100; il serait de (66,6 pour 100) si l'on avait le sel $Nb^2O^5.Na^2O$. Le chiffre expérimental trouvé 69,3 pour 100 montre donc que l'hydrolyse complète a lieu conformément à l'équation



$$Nb^2O^5.3Na^2O \rightarrow 4NaOH + Nb^2O^5.Na^2O.$$

Un raisonnement analogue effectué sur le sel $Nb^2O^5.7/6\,Na^2O$ indiquerait, pour la transformation suivante,



$$Nb^2O^5.\frac{7}{6}Na^2O \rightarrow Nb^2O^5.Na^2O + \frac{1}{3}NaOH,$$

16,6 pour 100 comme valeur calculée, et 12 pour 100 (en moyenne) comme résultat expérimental, ce qui montre que cette réaction a certainement bien lieu, mais que l'hydrolyse n'est pas intégrale.

Quant au métaniobate $Nb^2O^5.Na^2O$, les taux d'hydrolyse sont très faibles et passent de 1 à 5 pour 100.

Il résulte de cet ensemble de mesures que l'orthoniobate $Nb^2O^5.3Na^2O$ est complètement hydrolysé, et que le sel $Nb^2O^5.7/6\,Na^2O$ fortement hydrolysé, est en équilibre avec le métaniobate, ce qui confirme nos résultats antérieurs.

SPECTROSCOPIE. — *Étude d'une bande caractéristique du groupement* OH *dans le très proche infrarouge*. Note de M. **Aurelian Naherniac**, présentée par M. Aimé Cotton.

Je me suis occupé ([1]) de l'absorption vers 1µ d'une série d'alcools à l'état de vapeur. Depuis lors j'ai étudié d'autres substances contenant le groupement OH dans leur molécule et plus spécialement des acides organiques. Ceux-ci, à l'état liquide, n'ont pas de bande OH, comme il résulte non seulement de nos investigations vers 1µ mais aussi des mesures de A. Roth ([2]) (entre 0,8-2,6µ) et J. W. Sappenfield ([3]) (entre 0,8-2,5µ). Les auteurs expliquent cette absence en faisant l'hypothèse que l'oxhydrile des acides aurait une structure tout à fait différente de l'oxhydrile des alcools. Dans la région que je viens d'étudier on ne trouve pas la bande OH même quand on fait des solutions étendues d'acide dans un solvant qui ne possède pas de bandes dans cette région comme par exemple CCl^4.

Afin de détruire les associations moléculaires, qui, si elles existent, bloquent l'oscillateur OH ([4]), j'ai été amené à étudier ces acides à l'état de vapeur. J'ai retrouvé alors la bande caractéristique de OH qui est même très intense : en effet pour une colonne de 100^{cm} de longueur, la vapeur étant à la pression atmosphérique, l'absorption est suivant les cas de 60 à 90 pour 100. La bande est nettement double pour l'acide formique et simple pour les autres termes de la série, elle est déplacée de 200 à 300 Å vers les grandes longueurs d'onde par rapport à la bande des alcools. Ce déplacement est très probablement dû aux grandes forces ([5]) de Van der Waals à l'intérieur de la molécule, forces qui sont liées à l'existence du groupement C=O à proximité de l'oxhydrile. De même l'existence de ces forces expliquerait aussi la formation d'associations moléculaires, relativement stables; car elles ne sont pas détruites par simple dilution, ce qui amène l'absence de la bande même pour des solutions très étendues (1 pour 100). Il est probable que ces forces de Van der Waals modifient aussi l'angle de valence entre C—O—H qui ne serait pas alors de 110°

([1]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1685.
([2]) *Z. Physik*, **87**, 1933, p. 192.
([3]) *Physical Rev.*, **33**, 1929, p. 37.
([4]) R. Freymann, *Annales de Physique*, **20**, 1933, p. 308 et suiv.
([5]) H. A. Stuart, *Molekülstruktur*, 1934, p. 147.

comme pour le phénol [1], mais sensiblement diminué. Contrairement à ce qui se passe pour les alcools, quand on s'élève dans la série homologue des acides, il y a d'abord un léger déplacement de la bande vers les courtes longueurs d'onde, ensuite la position reste à peu près constante. Je n'ai pu étudier la structure fine de cette bande [2], un spectrographe très puissant serait alors nécessaire.

Pour le glycol et la glycérine la largeur des bandes est beaucoup plus grande (environ 300 Å, tandis que pour les acides elle est d'environ 100 Å et leur intensité est moindre); on y trouve même plusieurs maxima. La résorcine a une bande plus intense que celle du phénol [3], mais sa position ne change pas beaucoup quand on passe de l'un à l'autre de ces corps.

Le Tableau suivant donne les longueurs d'onde des bandes que j'ai mesurées.

Substance.	λ en Å.	Substance.	λ en Å.
Acide formique.......	9805, 9835	Acide benzoïque.......	9756
» acétique.......	9774	Cyclohexanol..........	9580, 9630 [1]
» propylique.....	9771	Résorcine.............	9577, 9673 [1]
» isobutylique....	9785	Glycol................	9500, 9570
» hexylique......	9795	Glycérine.............	vers 9530
» heptylique.....	9782		

SPECTROSCOPIE. — *Le spectre d'absorption de l'ozone dans la région de l'infrarouge photographique.* Note de Mme **Lucie Lefebvre**, présentée par M. Charles Fabry.

Cette étude a été abordée déjà par Wulf [1] qui a signalé dans cette région l'existence de bandes d'absorption. Nous avons cherché à préciser la connaissance de ce spectre et à le prolonger du côté des grandes longueurs d'onde. Nos clichés explorent la région comprise entre 6500 Å et 10000 Å.

Nous utilisons un spectrographe à deux prismes, ouvert à F/8, dont la dispersion est de l'ordre de 150 Å au millimètre pour la région étudiée ici. Nous avons dû utiliser plusieurs types de plaques photographiques, présen-

---

(1) K. L. Wolf, *Z. Phys. Chem.*, Abt. B., 3, 1929, p. 128.
(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1685.
(3) Ces maxima sont très faibles.
(1) *Proc. of the Nat. Acad.*, **16**, 1930, p. 507.

tant chacune une zône de sensibilité assez peu étendue. Les plaques Grieshaber, que nous devons à l'obligeance de M. Calzavara, nous ont permis d'aller jusqu'à 10000 Å. Nous avons employé comme source une lampe argenta, et avons opéré avec des mélanges gazeux aussi riches que possible en ozone pour reporter loin vers les grandes longueurs d'onde la coupure du spectre de la source : c'est dans un tube de $2^{m},50$ de long que nous introduisons le mélange d'oxygène et d'ozone; il équivaut à une colonne de plus de 50^{cm} d'ozone pur.

Résultats. — Les enregistrements de nos clichés au microphotomètre montrent des bandes d'aspect analogue à celles du spectre visible. Le tableau suivant donne la position des maxima d'absorption :

Å.	Å.
6646	6850
7110	7155
7490	7795
8170	8445
8480	8570
8615	8920
9015	9460
9600	9910 ?

Les bandes dont les longueurs d'onde sont soulignées sont les plus importantes. Nous avons cru utile de noter toutefois les positions de certains épaulements des courbes, qui semblent devoir correspondre à des bandes de moindre importance, intéressantes à connaître si l'on veut établir une classification des bandes par séries.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Sur le jeu des ondes, du spin et des nombres* (1). Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La trajectoire fondamentale du neutron. — Il résulte de notre étude que les résonances, assurant la stabilité de l'atome d'hydrogène à ses divers niveaux, sont caractérisées par deux rapports entiers : $c/V = 137n$, $c^2/V^2 = 137^2 n^2$; et il apparaît qu'un autre état stable doit se trouver réalisé lorsque V atteint la vitesse même de la lumière : c/V et c^2/V^2 sont alors

(1) Voir *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 644.

égaux à l'unité, et la particule de masse M_0 accompagne l'onde enveloppe et l'onde de structure dans leur propagation. Cet état correspond croyons-nous au neutron.

Voici le fait essentiel. Écrivons la formule qui donne l'expression de la masse M_0 [1] :

$$(1) \qquad \frac{\sqrt{1-B^2}}{M_0} = \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{m_0} + \frac{\sqrt{1-\beta'^2}}{m'_0};$$

or, lorsque $V = v + v' = c$, les vitesses v et v' ont chacune une grandeur bien déterminée inférieure à c, le second membre de (1) a donc également une valeur bien déterminée, qui n'est pas nulle, et comme, dans le premier membre, $\sqrt{1-B^2}$ est égal à O, il en est de même de la masse au repos M_0; *dans ces conditions, la masse* $M_0/\sqrt{1-B^2}$ *se présente comme étant de nature purement cinétique.*

Désignons par Ω la vitesse angulaire du système.

$$\frac{e^2}{(r+r')^2} = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}\Omega^2 r = \frac{m'_0}{\sqrt{1-\beta'^2}}\Omega^2 r',$$

et, comme $\Omega(r+r') = V$, il vient :

$$(18) \qquad \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{m_0} = \frac{V^2}{e^2} r, \qquad \frac{\sqrt{1-\beta'^2}}{m'_0} = \frac{V^2}{e^2} r',$$

$$\frac{\sqrt{1-B^2}}{M_0} = \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{m_0} + \frac{\sqrt{1-\beta'^2}}{m'_0} = \frac{V^2}{e^2}(r+r');$$

d'où, pour l'énergie totale apparente E de la particule et pour le moment cinétique $\vec{C}$,

$$(19) \qquad E = \frac{M_0 c^2}{\sqrt{1-B^2}} - \frac{e^2}{r+r'} = \frac{M_0(c^2-V^2)}{\sqrt{1-B^2}}, \qquad \vec{C} = \frac{M_0 V(r+r')}{\sqrt{1-B^2}} = \frac{e^2}{V}.$$

Le premier de ces résultats montre que l'état stable, qui correspond au neutron, se trouve réalisé lorsque l'énergie E s'annule en tendant à passer d'une grandeur positive à une grandeur négative, toute théorique d'ailleurs, puisque la vitesse V serait alors plus grande que c. Quant à l'expression du moment cinétique, elle permet de conclure que la grandeur relative au neutron, e^2/c, est la plus petite qui puisse se manifester. Si enfin on égale le moment cinétique $nh/2\pi$ de l'hydrogène au moment cinétique e^2/c du neutron, on trouve

$$n = \frac{2\pi e^2}{hc} = \frac{1}{137},$$

[1] *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 703.

de telle sorte que l'on peut dire que le neutron n'est autre que de l'hydrogène qui serait descendu au niveau énergétique 1/137, et les expressions (4) et (5) donnent

$$2\pi\mathcal{R} = \frac{cT}{137}, \qquad 2\pi r = \frac{c\tau}{137}, \qquad 2\pi r' = \frac{c\tau'}{137}, \qquad \mathfrak{T} = \frac{T}{137}.$$

Posons maintenant $r = \lambda r'$.

$$\beta = \frac{\Omega r}{c} = \frac{r}{r + r'} = \frac{\lambda}{1 + \lambda}, \qquad \beta' = \frac{\Omega r'}{c} = \frac{r'}{r + r'} = \frac{1}{1 + \lambda},$$

et, en utilisant les relations (18) et en tenant compte de ce que

$$\frac{m'_0}{m_0} = 1849,5,$$

λ se trouve défini par l'équation

$$\lambda^4 + 2\lambda^3 - 6841300\lambda - 3420650 = 0.$$

Cette équation a deux racines imaginaires, une négative et une positive; c'est cette dernière qui est à retenir, $\lambda = 189,3$, et elle conduit aux valeurs numériques suivantes :

$$\beta = 0,9947, \qquad \beta' = 0,0053,$$
$$\sqrt{1 - \beta^2} = 0,1024, \qquad \sqrt{1 - \beta'^2} = 0,99999,$$
$$\mathcal{R} = r + r' = 2,89 \times 10^{-14}\ \text{cm}, \qquad \mathfrak{T} = 6,08 \times 10^{-24}\ \text{sec}.$$

Ces résultats font apparaître le neutron comme une combinaison très intime d'un électron et d'un proton : la distance $\mathcal{R}$ des deux particules est inférieure au rayon classique ρ de l'électron ($\rho/\mathcal{R} = 6,48$), et il est important d'expliciter la grandeur de l'énergie de liaison L.

$$(20) \qquad L = \frac{e^2}{r + r'} - m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right) - m'_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta'^2}} - 1 \right)$$
$$= m_0 c^2 (9,717 - 9,768 + 1 - 0,026) = 0,923\, m_0 c^2.$$

Il s'ensuit que, en adoptant la valeur 1,00756 pour la masse de H_1, celle du neutron vaut 1,00706 sur sa trajectoire fondamentale. Mais on peut montrer que, à partir de cette trajectoire, le neutron est susceptible d'absorber de notables quantités d'énergie qui lui permettent de se manifester avec des masses très sensiblement plus grandes.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Absorption de la fraction molle du rayonnement corpusculaire cosmique.* Note de MM. **Pierre Auger**, **Louis Leprince-Ringuet** et **Paul Ehrenfest**, présentée par M. Jean Perrin.

I. L'analyse du rayonnement cosmique par plusieurs compteurs en coïncidence situés dans un plan vertical permet de distinguer deux fractions présentant des absorptions très différentes dans la matière interposée entre ces compteurs. L'importance relative du nombre de corpuscules peu pénétrants assez faible au niveau de la mer, croît beaucoup avec l'altitude du lieu d'observation; ainsi, à 3500^m, les deux fractions représentent des nombres de corpuscules équivalents (1). On sait que les corpuscules ultra-pénétrants présentent dans la matière une absorption massique dont le coefficient est $0,7.10^{-3}$ cm pour toutes les matières étudiées (2). La fraction molle présente au contraire un coefficient d'absorption qui croît fortement avec le numéro atomique de l'élément constituant l'écran (3); la connaissance de la loi de cette variation peut conduire à formuler des hypothèses sur la nature des corpuscules et leur mode d'absorption.

II. Nous avons fait, au Laboratoire international du Jungfraujoch (altitude 3500^m), une série de mesures avec un dispositif à trois compteurs situés dans un plan vertical, entre lesquels peuvent être disposés des écrans allant jusqu'à 22^{cm} d'épaisseur, et présentant juste la surface nécessaire. Les éléments choisis pour constituer ces écrans ont été : le plomb, l'étain, le cuivre et l'aluminium, dont les numéros atomiques sont respectivement : 82, 50, 29 et 13.

Les compteurs, d'un modèle presque identique à celui que nous avions utilisé jusqu'ici dans nos mesures, sont mis en coïncidence par un dispositif de sélection et d'amplification dont le principe est dû à Rossi. Les impulsions actionnent un relais Baudot, puis un totalisateur à chiffres. Le support permet de placer les compteurs à différents écartements : dans la position la plus proche utilisée (10^{cm} d'axe en axe), ils donnaient 3,4 impulsions par minute. Les impulsions fortuites ont été évaluées en écartant un ou deux des compteurs à des distances de l'ordre du mètre, et l'on peut les estimer à 0,1 par minute. D'ailleurs, nous ne tenons compte ici que des

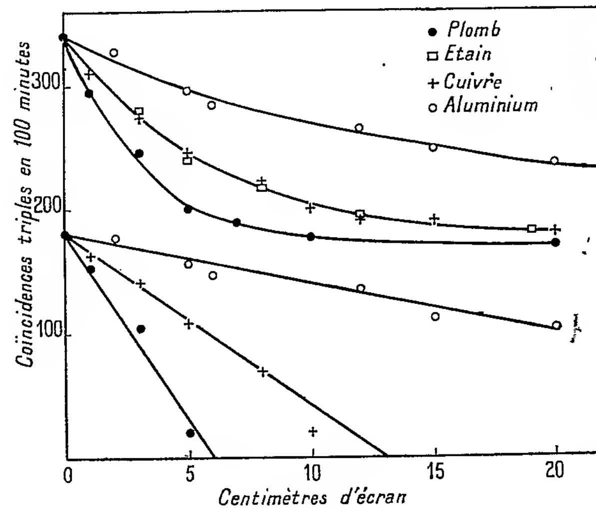
(1) P. Auger et L. Leprince-Ringuet, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 785.

(2) Alocco, *Nature*, 135, 1935, p. 96.

(3) P. Auger, A. Rosenberg et F. Bertein, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1022.

différences entre les mesures faites avec des écrans variés, de telle sorte que ces impulsions fortuites ne jouent pas de rôle. La boîte thermostatique en bois contenant les appareils était placée dans une baraque de planches située sur la terrasse du Laboratoire.

III. La figure ci-dessous (courbes supérieures) donne les résultats bruts obtenus en nombre d'impulsions par 100 minutes, en fonction de l'épaisseur des écrans. Si l'on admet que la fraction ultrapénétrante et les impulsions fortuites représentent 180 sur l'échelle des ordonnées et que l'absorption de cette partie pénétrante se fait avec le coefficient massique



de $0,7.10^{-3}$ cm²/gr, on peut calculer les valeurs de la fraction molle pour chaque point mesuré, et porter les logarithmes des valeurs en fonction des épaisseurs d'écrans. On obtient alors les points des courbes inférieures de la figure, qui sont suffisamment en ligne droite pour permettre l'évaluation des coefficients d'absorption en centimètres. Pour trouver la loi de variation avec z, il est bon de passer de ces coefficients d'absorption par centimètre aux coefficients d'absorption par atome-gramme, c'est-à-dire de former $\mu/\rho A$, A étant le poids atomique, ρ la densité des écrans. Les nombres ainsi trouvés suivent fort bien une loi en $az + bz^2$ avec les coefficients $a = 2,6$; $b = 0,058$.

	μ (cm⁻¹).	$\mu/\rho A \times 10^2$.	$2,6z + 0,058z^2$.
Plomb	0,35	620	604
Étain	0,17	270	275
Cuivre	0,17	120	124
Aluminium	0,046	46	44

IV. On voit que le coefficient d'absorption atomique de cette partie molle présente un terme en z et un terme en z^2. Le premier est attribuable aux effets des électrons planétaires (production d'ions, de rayons secondaires), et le second aux effets de la charge électrique des noyaux. Les freinages brusques que peuvent subir les particules chargées en mouvement rapide dans leur passage au voisinage des noyaux, correspondent à des émissions de photons de grande énergie, et peut-être, par conséquent, à la production de gerbes par matérialisation. L'importance de ce terme de freinage en z^2 (les deux tiers du total dans le cas du plomb) assigne une nature électronique à la partie molle du rayonnement corpusculaire cosmique; la partie ultrapénétrante, pour laquelle le freinage en z^2 semble jouer un rôle très faible, serait constituée par d'autres particules, probablement plus lourdes.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mécanisme de la capture des neutrons lents par les noyaux légers.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

En collaboration avec W. Elsasser j'ai montré [1] comment peuvent s'expliquer, par un phénomène de résonance, les grandes sections efficaces observées, pour quelques noyaux, pour la capture des neutrons lents associée à une émission γ seulement. La probabilité de la capture est dans ce cas proportionnelle à l'*intensité* prise par l'onde incidente, peu absorbée, dans l'intérieur du noyau; et c'est cette intensité qui se trouve très accrue lors de la résonance.

Mais dans le cas des éléments légers, lithium et bore, qui présentent de grandes sections efficaces de l'ordre de 10^{-21} cm^2, la capture des neutrons lents est accompagnée d'émission de particules α. Pour qu'un tel mécanisme ait une probabilité notable il faut que l'énergie dégagée par la réaction nucléaire soit assez grande pour que la barrière de potentiel, qui s'oppose à la sortie des particules chargées du noyau, ne puisse pas intervenir de façon importante. On comprend donc qu'il ne soit observé que pour des éléments de petit nombre atomique.

Une telle capture d'un neutron avec émission d'une particule matérielle fait intervenir les interactions entre le neutron et les particules nucléaires qui, négligeables quand le neutron est extérieur au noyau, deviennent très

---

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 450.

grandes lorsqu'il y pénètre. On peut donc admettre que dans ce cas l'onde neutronique qui pénètre dans le noyau y disparaît par absorption. La probabilité de capture du neutron sera alors déterminée par le *flux* de l'onde neutronique qui pénètre dans le noyau où elle est absorbée.

Pour évaluer ce flux, on peut décomposer, par la formule de Rayleigh, l'onde plane, associée au rayonnement incident de neutrons, en ondes sphériques centrées sur le noyau absorbant. Comme la région d'absorption est petite par rapport à la longueur d'onde Λ des neutrons lents, seule intervient la première de ces ondes, celle de moment cinétique nul. L'absorption complète de sa composante convergente correspondrait à une section efficace de capture égale à $\Lambda^2 : 4\pi$ [1]. Mais il se produit une réflexion partielle à la surface du noyau qui diminue le flux qui y pénètre. On peut calculer facilement l'intensité de cette réflexion dans le cas schématique d'une interaction entre le neutron et le noyau correspondant à un potentiel en *trou rectangulaire* [$U(r) = 0$ pour $r > r_0$ et $U(r) = -\varepsilon_0$ pour $r < r_0$]. Une onde s convergente, correspondant à un neutron de masse réduite μ et d'énergie cinétique w, aura alors, pour amplitude en dehors du noyau,

$$(1)\qquad b\frac{e^{ikr}}{2ir} \qquad \left(k = \frac{2\pi}{h}\sqrt{2\mu w}\right).$$

Sur la sphère de discontinuité du potentiel il se produira une onde réfléchie divergente

$$(2)\qquad b_1\frac{e^{-ikr}}{2ir},$$

et il pénétrera dans l'intérieur une onde convergente affaiblie

$$(3)\qquad b'\frac{e^{ik'r}}{2ir} \qquad \left[k' = \frac{2\pi}{h}\sqrt{2\mu(w + \varepsilon_0)}\right]$$

(cette onde étant rapidement absorbée n'atteindra pas le centre du noyau où l'amplitude deviendrait infinie).

Les conditions de continuité de la fonction d'onde totale et de sa dérivée sur la sphère de rayon r_0 donnent

$$b e^{ikr_0} + b_1 e^{-ikr_0} = b' e^{ik'r_0},$$
$$b k e^{ikr_0} - b_1 k e^{-ikr_0} = b' k' e^{ik'r_0},$$

---

(1) N. F. Mott, *Proc. Roy. Soc.*, A, 133, 1931, p. 228.

d'où

$$b' = \frac{2k}{k+k'} e^{i(k-k')r_0} b, \qquad b'b'^* = \frac{4k^2}{(k+k')^2} bb^*.$$

Les flux, correspondant à l'onde incidente (1) et à l'onde pénétrante (3), étant proportionnels à kbb^* et a $k'b'b'^*$, on voit que le flux qui pénètre dans le noyau est égal au flux incident multiplié par le facteur

$$\frac{4kk'}{(k+k')^2},$$

et c'est par ce même facteur qu'il faut multiplier la section efficace maximum $\Lambda^2 : 4\pi$ pour obtenir l'ordre de grandeur de la section efficace cherchée

$$\sigma_c \cong \frac{\Lambda^2}{4\pi} \frac{4kk'}{(k+k')^2} = \frac{h^2}{2\pi\mu} \sqrt{\frac{w+\varepsilon_0}{w}} \frac{1}{(\sqrt{w}+\sqrt{w+\varepsilon_0})^2}.$$

Pour des neutrons lents, w sera négligeable par rapport à ε_0, et l'on aura

$$\sigma_c \cong \frac{h^2}{2\pi\mu} \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 w}}.$$

La section efficace sera donc proportionnelle à l'inverse de la vitesse des neutrons. En admettant pour ε_0 une valeur de quelques mégavolts électron, on trouve une section efficace de l'ordre de 10^{-20} cm^2 pour des neutrons ayant l'énergie d'agitation thermique ordinaire.

Un simple phénomène de *diffraction* d'onde matérielle permet donc d'expliquer, en l'absence de toute résonance particulière, les grandes sections efficaces observées dans le cas du lithium et du bore pour la capture des neutrons lents; il suffit d'admettre une forte interaction entre le neutron et les particules nucléaires dans *l'intérieur* du noyau.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la formation de complexe sur l'adsorption du cuivre en solutions ammoniacales par l'hydroxyde ferrique précipité.* Note de Mme **L.-S. Mathieu-Lévy**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons utilisé l'hydroxyde ferrique précipité aussi pur que possible. Cet hydroxyde est mis en suspension dans des solutions ammoniacales de sulfate de cuivre diversement concentrées en ammoniaque, additionnées de la quantité de sulfate d'ammonium nécessaire à assurer leur stabilité. Les

courbes de la figure 1 représentent les quantités de cuivre adsorbé, à la température ordinaire, par $1^g,84$ de $Fe(OH)^3$, en fonction des concentra-

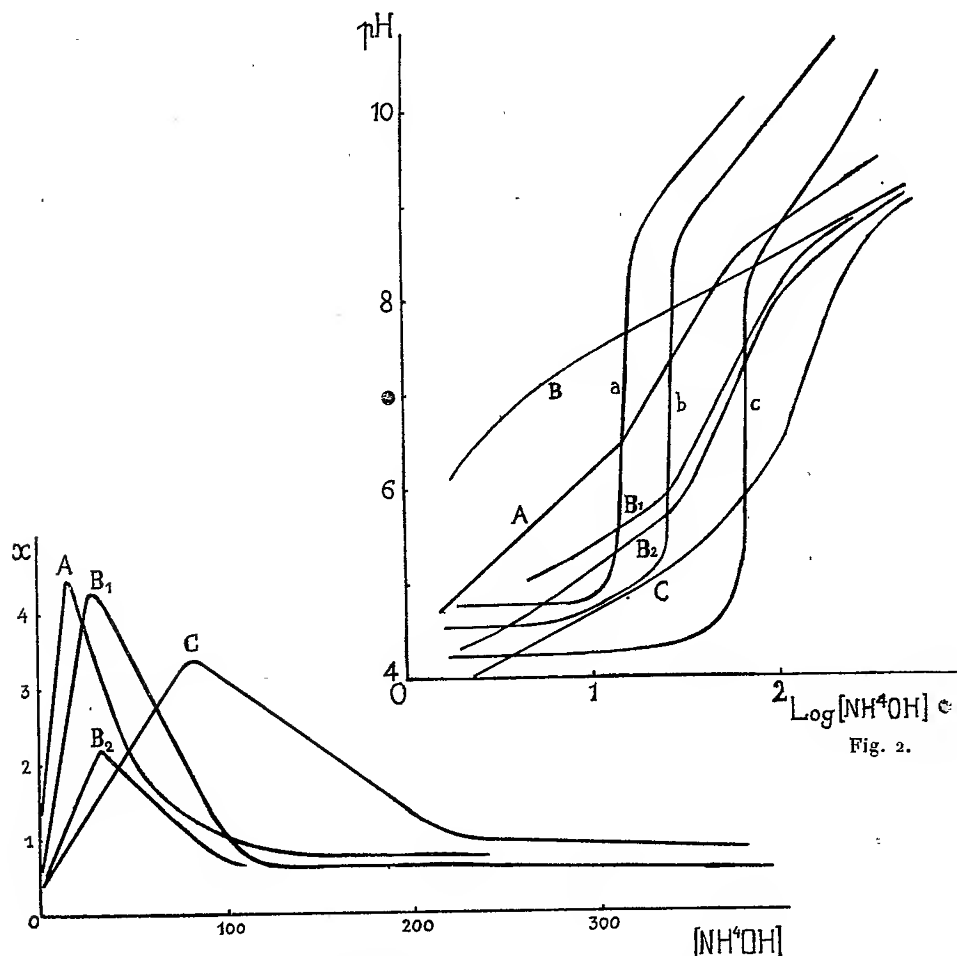


Fig. 2.

Fig. 1.

Courbe A	: Concentration initiale du cuivre :	9,8 at/mg ‰;	$SO^4(NH^4)^2$:	25^g dans 525^{cm3}
» B_1	»	18,8 »	»	50 »
» B_2	»	18,8 »	»	125 »
» C	»	47 »	»	125 »

x = Cuivre adsorbé en at/mg ‰

$[NH^4OH]$ = Concentration initiale de l'ammoniaque en mol/mg ‰.

tions initiales en ammoniaque. On remarque l'existence d'un maximum très net que n'a pas constaté J. H. Hamence [1]. La figure 2 représente,

[1] *Trans. Far. Soc.*, 30, II, 1934, p. 303.

pour l'ensemble des courbes de la figure 1, les pH des solutions ammoniacales de cuivre, mesurés avant adsorption, en fonction du logarithme des concentrations initiales en ammoniaque : courbes A, B_1, B_2, C. La courbe B représente les pH de solutions identiques aux solutions B_1, mais exemptes de cuivre et contenant la quantité d'acide sulfurique libre qui correspond à l'hydrolyse du sulfate de cuivre dans les solutions B_1.

La comparaison des courbes B et B_1 montre que la montée rapide du pH se ralentit beaucoup plus tôt dans les solutions B_1. Donc, lorsqu'il y a du cuivre, les ions OH^- disparaissent pour former vraisemblablement des molécules neutres de sulfate basique ou d'hydroxyde colloïdal. Pour les concentrations moyennes en ammoniaque, on constate un brusque changement de pente. Les valeurs finales des pH sont les mêmes, qu'il y ait du cuivre ou qu'il n'y en ait pas, à condition toutefois que la quantité de sulfate d'ammonium utilisée soit suffisamment grande, ce qui n'était sans doute pas le cas des solutions A.

On peut représenter les résultats des figures 1 et 2, en portant en abscisses non plus les concentrations initiales en ammoniaque ou leurs logarithmes, mais les rapports $[NH^4OH]/[Cu]$, de ces concentrations à la concentration initiale correspondante du cuivre. Le changement de pente des courbes de la figure 2 se produit pour les valeurs suivantes de ce rapport : courbe A : 1,5; courbe B_1 : 1,6; courbe B_2 : 1,7; courbe C : 1,7. Ces valeurs correspondent justement au début de la formation de complexe cupriamminé par redissolution de l'hydroxyde précipité dans des solutions analogues exemptes de sulfate d'ammonium : courbes *a*, *b*, *c* (*fig.* 2). Ces mêmes valeurs sont encore celles pour lesquelles se produisent les maxima d'adsorption.

L'addition d'ammoniaque à une solution de sulfate de cuivre contenant du sulfate d'ammonium provoque sans doute la formation d'hydroxyde de cuivre colloïdal très divisé [1]. Lorsque le rapport $[NH^4OH]/[Cu]$ est suffisamment grand, l'hydroxyde passe à l'état de complexe amminé. Pour les fortes valeurs de ce rapport, l'ammoniaque n'influe plus sur le pH que par sa fonction basique.

On peut donc expliquer le maximum d'adsorption de la manière suivante : l'adsorption croît aux plus faibles teneurs en ammoniaque par suite d'un accroissement progressif de la concentration de l'hydroxyde colloïdal.

---

[1] On ne constate aucun effet Tyndall, et rien n'est retenu sur un ultra-filtre en collodion.

A partir d'une certaine valeur du rapport $[NH^4OH]/[Cu]$, l'hydroxyde colloïdal se dissolvant pour former la base cupriamminée, sa concentration décroît et son adsorption diminue. Nous montrerons dans une prochaine Note que, dans la zone du maximum d'adsorption, l'adsorption propre de la base cupriamminée est faible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de la théorie de Debye aux solutions de chlorure de cadmium.* Note de Mlle **M. Quintin**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai donné [1] les résultats de l'étude de la force électromotrice (f. e. m.) de la chaîne


Cd (amalgame 2 phases); $CdCl_2$, m | AgCl; Ag,

à des concentrations m comprises entre 0,1 M et 0,001 M et pour des températures allant de 0° à 45° et montré que, lors du passage du courant, deux réactions étaient possibles suivant la zône de température et de concentration considérée.

La force électromotrice correspondant à la réaction normale est exprimée par la relation

$$E = E_0 - \frac{3RT}{2\mathcal{F}} \log 4^{\frac{1}{3}} m f,$$

où E_0 représente le potentiel normal de la pile et f le coefficient moyen d'activité du sel à la concentration m.

En s'en tenant au domaine relatif à la réaction normale, les quantités

$$E'_0 = E + \frac{3RT}{2\mathcal{F}} \log 4^{\frac{1}{3}} m$$

sont calculées à partir des valeurs expérimentales de la f. e. m. Les courbes représentant les variations de E'_0 en fonction de $\sqrt{6m}$ possèdent pour les concentrations inférieures à 0,005 M, une portion sensiblement rectiligne, mais dont le coefficient angulaire est plus grand que celui prévu pour la tangente à l'origine par la loi limite de Debye et Hückel. Il y a donc lieu de croire que l'on obtiendrait par la méthode d'extrapolation classique de Lewis des valeurs trop faibles de E_0.

Pour déterminer E_0 par la méthode de La Mer, on calcule $\log f$, pour des

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1579.

valeurs arbitraires du rayon ionique a, par la formule de Gronwall, La Mer et Greiff ([1]) qui, dans le cas du chlorure de cadmium, se réduit à

$$\operatorname{Log} f = -\frac{\varepsilon^2}{\mathrm{KTD}a}\frac{x}{1+x} - 2\left(\frac{\varepsilon^2}{\mathrm{KTD}a}\right)^2\left[\frac{1}{2}X_2(x) - Y_2(x)\right]$$
$$+6\left(\frac{\varepsilon^2}{\mathrm{KTD}a}\right)^3\left[\frac{1}{2}X_3^*(x) - 2Y_3^*(x)\right] + 18\left(\frac{\varepsilon^2}{\mathrm{KTD}a}\right)^3\left[\frac{1}{2}X_3(x) - 2Y_3(x)\right],$$

avec

$$x = \mathcal{H}a = a\sqrt{4\pi\mathrm{N}\varepsilon^2/1000\,\mathrm{DKT}}.\sqrt{6m},$$

où N est le nombre Avogadro, ε la charge de l'électron, K la constante de Boltzmann, D la constante diélectrique de la solution, T sa température absolue et x et y des fonctions connues de x.

E_0 est alors obtenu par la relation

$$E_0 = E'_0 + \frac{3\mathrm{RT}}{2\mathcal{F}}\operatorname{Log} f.$$

A 25°, les courbes de variation de E_0 en fonction de $\sqrt{6m}$ pour différentes valeurs du rayon a, sont des droites concourantes, et pour $a = 3{,}8\,\mathrm{\AA}$, E_0 est rigoureusement constant jusqu'à $m = 0{,}005\,\mathrm{M}$. Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des résultats obtenus :

	15°.	25°.	35°.
E_0 (méthode de Lewis) 10^{-4} volt.........	5773	5740	5702
E_0 (méthode de La Mer) 10^{-4} volt.......	5778	5745	5709
a(Å)................................	3,6	3,8	4,0

On peut donc en conclure que la théorie de Debye, sous la forme généralisée de l'équation de Gronwall, s'applique aux solutions diluées de chlorure de cadmium, comme nous ([2]) avions déjà trouvé qu'elle s'appliquait au sulfate de cuivre. Mais, bien que le rayon relatif au chlorure de cadmium soit plus grand que celui relatif au sulfate de cuivre, l'écart entre les valeurs observées et les valeurs calculées apparaît pour des concentrations plus faibles dans le premier cas que dans le second ; ceci tient à ce que la série de Gronwall converge beaucoup moins vite pour un sel de type de valeurs dissymétriques que pour un sel de type de valeurs symétriques.

En outre, on trouve que, comme dans le cas du sulfate de cuivre, le rayon ionique a croît avec la température, et même beaucoup plus que dans celui-là.

([1]) *J. Physic. Chem.*, **35**, 1931, p. 2245.
([2]) M. Quintin, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 767; M. Quintin et A. Lebettre, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1140.

COLLOÏDES. — *Étude de l'action exercée par l'alcool sur les sols de gomme arabique d'après la polarisation de la lumière diffusée.* Note (¹) de M. **Charles Tourneur.**

1. L'addition d'alcool à des sols de gomme arabique en quantité suffisante leur donne un aspect trouble rappelant celui d'une suspension de résine-mastic. En même temps le sol est devenu très sensible à l'action des électrolytes.

Nous avons pu suivre les transformations qui se produisent dans une solution de gomme arabique sous l'action de quantités croissantes d'alcool par la mesure de la polarisation de la lumière diffusée à 90° du faisceau incident, au moyen du photopolarimètre de Cornu (²).

2. Lorsqu'à un volume déterminé du sol de gomme arabique de concentration donnée, on ajoute un égal volume d'un mélange d'alcool et d'eau, on constate, immédiatement après le mélange, que tant que la teneur v en alcool (volume d'alcool pour 100^{cm^3} du mélange) n'a pas atteint une certaine valeur a, la proportion de lumière polarisée garde une valeur constante. Pour $v > a$, la proportion de lumière polarisée croît de façon très sensible, passe par un maximum pour une teneur $v = b$, puis décroît, la décroissance étant d'autant plus rapide que la concentration c en gomme arabique dans le mélange est plus grande.

Le changement qui se produit dans la polarisation de la lumière diffusée pour les teneurs en alcool supérieures à a s'accompagne d'une augmentation croissante de l'intensité de cette lumière diffusée.

3. La teneur en alcool a, à partir de laquelle on observe une augmentation de la polarisation de la lumière diffusée, diminue de façon sensiblement linéaire lorsque croît la concentration c en gomme arabique. L'intervalle $b - a$ croît au contraire avec cette concentration.

c.	v = 0. %	10. %	20. %	25. %	30. %	40. %	45. %	50. %	55. %	60. %	65. %	70. %	75. %	80. %	90. %
1......	65,6	65,6	65,6	65,6	65,6	65,6	65,6	65,6	69,5	77,2	–	73,1	–	66,9	{ 58,8 floc.
2,5....	64,3	64,3	64,3	64,3	64,3	64,3	66,9	76,6	74,3	65,6	–	–	53	floc.	–
3,5....	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	68,2	–	78,8	74,3	–	58,8	floc.	–	–	–
5......	58,8	58,8	58,8	–	61,6	–	62,9	37,5	floc.	–	–	–	–	–	–

(¹) Séance du 15 avril 1935.

(²) A. Boutaric et Ch. Tourneur, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1011.

Le tableau ci-dessus donne les proportions de lumière polarisée dans la lumière diffusée par des solutions de gomme arabique de diverses concentrations : v représente les teneurs en alcool du mélange (volume d'alcool pour 100^{cm^3} du mélange) et c les concentrations en grammes de gomme arabique pour 100^{cm^3} du mélange.

4. Tant que dans le mélange la teneur v en alcool n'atteint pas la valeur a le sol conserve les propriétés des sols de colloïdes hydrophiles : il faut de fortes concentrations d'électrolyte pour le faire floculer. Dans la zone comprise entre a et b, la solution colloïdale est devenue sensible aux faibles concentrations d'électrolyte : c'est ainsi qu'une concentration en chlorure de potassium dans le mélange de 0,025 N qui pour $v > b$ détermine une floculation rapide, produit pour $a < v < b$ une floculation lente et n'apporte aucun changement pour $v < a$.

5. D'après Kruyt (¹) les particules des sols hydrophiles seraient entourées d'une première assise de molécules d'eau adhérant fortement sur la particule (couche concrète) et d'une couche de dipôles de moins en moins orientés (couche diffuse). Les résultats que nous avons obtenus s'accordent avec cette hypothèse à la condition d'admettre qu'au point de vue de leur action sur la lumière polarisée les particules qui interviennent sont celles formées par le noyau de gomme arabique entouré de la seule couche concrète. Pour les teneurs en alcool inférieures à a, la constance de la polarisation indiquerait que l'hydratation de l'alcool se fait simplement aux dépens de la couche diffuse. Pour les teneurs comprises entre a et b, la couche concrète étant atteinte et les particules diminuant de grosseur, la polarisation irait en croissant jusqu'à ce que survienne l'agglomération.

La variation de a en fonction de la concentration en gomme arabique s'interprète facilement dans l'hypothèse rappelée ci-dessus : à une concentration plus forte en gomme arabique correspond une quantité plus faible d'eau libre; par suite, la quantité d'alcool qui doit s'hydrater avant que soit atteinte la couche concrète est elle-même plus faible et la teneur a plus vite atteinte.

Enfin, si l'on considère l'hydratation des particules comme l'un des facteurs de la stabilité, on conçoit que ce ne soit qu'à partir de la teneur en alcool a que le sol commence à présenter les propriétés des sols hydrophobes. Pour les teneurs en alcool comprises entre a et b l'action combinée de l'alcool et de l'électrolyte peut provoquer une floculation qu'un seul de ces agents ne saurait produire.

(¹) Kruyt, *Les Colloïdes*, Paris, 1933, p. 234.

SPECTRE RAMAN ET CHIMIE. — *Sur les spectres Raman de composés bromés du germanium et de l'étain.* Note (¹) de MM. **Arakel Tchakirian** et **Henri Volkringer**, présentée par M. Georges Urbain.

Nos recherches ont tout d'abord porté sur le tétrabromure de germanium. Ce corps a été préparé par action du bromure mercurique sur du germanium métallique spectroscopiquement pur. Le produit obtenu qui bout à 186° a été purifié par trois distillations successives.

On obtient ainsi un corps incolore qui sous l'influence de l'ultraviolet prend peu à peu une coloration jaune. Le spectre Raman s'obtient très facilement au bout de quelques heures avec un spectrographe ouvert à $f/4,5$. Le spectre Raman qui apparaît dans de telles conditions présente quatre raies correspondant aux variations de fréquences suivantes :

$$n_1 = 78, \quad n_2 = 111, \quad n_3 = 234, \quad n_4 = 328.$$

Le spectre a la même apparence que le spectre du tétrachlorure, la dernière raie étant diffuse.

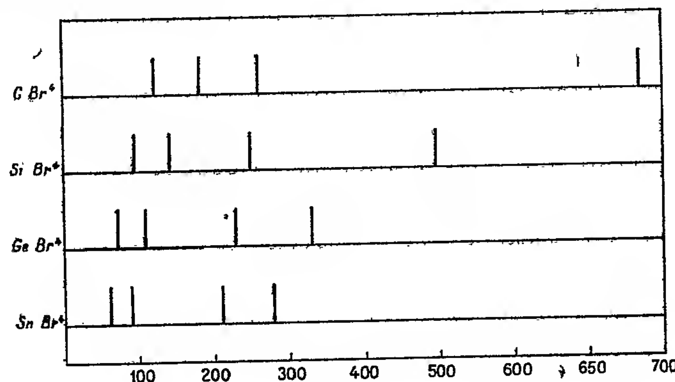


Fig. 1.

Sur la figure 1 on a reproduit les fréquences Raman obtenues avec des bromures de la même famille. On voit que le tétrabromure de germanium se classe parfaitement entre le tétrabromure de silicium et le tétrabromure d'étain.

Nous avons également déterminé le spectre Raman du germanobromoforme. Ce dernier a été préparé à partir du sulfure germaneux GeS. On attaque par HBr à 40 pour 100. Il se forme de l'hydrogène sulfuré que l'on chasse par un courant d'hydrogène pur, on vérifie la disparition de

(¹) Séance du 6 mai 1935.

l'hydrogène sulfuré au moyen d'acétate de plomb. On filtre. La solution que nous avons utilisée a été analysée ultérieurement et sa composition était la suivante :

$$GeBr^2 = 22 \text{ pour } 100, \qquad HBr = 20 \text{ pour } 100.$$

Les temps de pose nécessaires pour obtenir le spectre Raman sont beaucoup plus considérables qu'avec le tétrabromure. Nos durées de pose étaient d'environ 60 heures. Le spectre se présente sous la forme de cinq raies. Les quatre premières sont très diffuses et sur plusieurs clichés se présentent sous la forme de deux larges bandes. La cinquième raie est beaucoup plus fine.

Les moyennes obtenues nous ont conduit aux nombres suivants :

$$n_1 = 80, \qquad n_2 = 110, \qquad n_3 = 180, \qquad n_4 = 200, \qquad n_5 = 232.$$

Afin de comparer le spectre ainsi obtenu aux spectres Raman de corps analogues, nous avons déterminé le spectre Raman du bromure stanneux en solution dans l'acide bromhydrique.

On fait agir de l'étain très pur sur de l'acide bromhydrique en solution aqueuse à 40 pour 100. On chauffe jusqu'à dissolution de l'étain. On fait ensuite passer HBr gazeux jusqu'à saturation. Le produit est fortement coloré en jaune et on est obligé d'ajouter un peu d'eau. La solution incolore utilisée avait, en poids, la composition suivante :

$$SnBr^2 = 29 \text{ pour } 100, \qquad HBr = 14 \text{ pour } 100.$$

Le spectre Raman a même allure générale que celui du germanobromoforme. Toutefois nous n'avons pas observé le dédoublement de la bande correspondant à la plus faible différence de fréquence. Le spectre se compose d'une large bande allant de $n_1 = 60$ à $n_2 = 95$. On observe ensuite une raie diffuse pour $n_3 = 160$ et une autre pour $n_4 = 180$.

Enfin comme avec le germanobromoforme et comme avec le composé chloré correspondant [1] on trouve une cinquième raie fine et assez faible qui correspond ici à $n_5 = 215$.

On est donc amené à conclure que le bromure stanneux ne se trouve pas à l'état de simple dissolution dans l'acide bromhydrique, mais qu'il y a formation du complexe, l'acide stannobromhydrique $[Sn^{+II}Br_3]_H_+$, analogue à l'acide stannochlorhydrique $[Sn^{+II}Cl_3]_H_+$.

La similitude des spectres Raman relatifs à l'acide stannobromhydrique

---

(1) H. VOLKRINGER, A. TCHAKIRIAN et Mme M. FREYMANN, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 292.

et à la solution de bromure germaneux dans l'acide bromhydrique nous conduit à admettre pour le composé de germanium la même constitution chimique. La formule serait $[Ge^{+II}Br_3]^{-}H_+$.

Le germanobromoforme, qui pourrait ainsi également être dénommé acide germanobromhydrique, a des caractères chimiques communs avec le bromoforme. C'est pourquoi on a représenté également sur la figure 2 le spectre du bromoforme à l'exception de la raie $n = 3021$ qui est relative à la vibration de l'hydrogène.

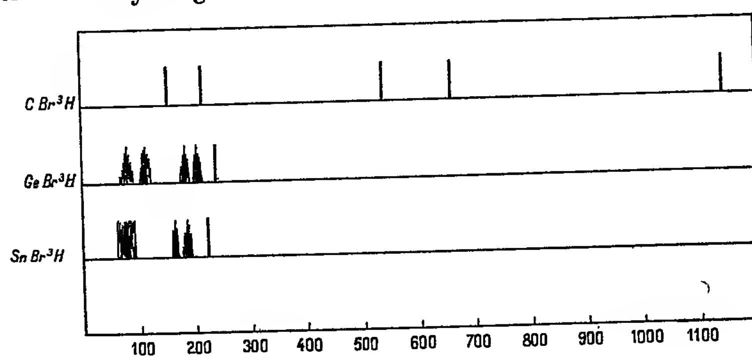
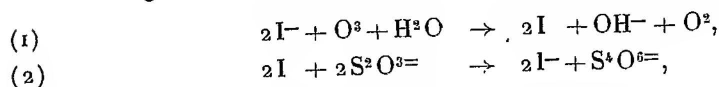


Fig. 2.

Comme pour les composés chlorés, nous n'avons pas vu sur nos clichés relatifs aux acides germanobromhydrique et stannobromhydrique la raie correspondant à la liaison de l'hydrogène. On peut interpréter cette absence par le fait que la liaison entre l'hydrogène et le reste de la molécule serait une liaison ionique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Contribution à l'étude du dosage de l'ozone.* Note de M. **Augustin Maché**, présentée par M. Charles Fabry.

Le dosage iodométrique de l'ozone peut être résumé par les réactions :



(1) $$2I^- + O^3 + H^2O \rightarrow 2I + OH^- + O^2,$$

(2) $$2I + 2S^2O^{3=} \rightarrow 2I^- + S^4O^{6=},$$

en précisant toutefois que le pH du milieu dans lequel s'effectuent ces réactions joue un rôle important en ce qu'il peut favoriser des réactions secondaires nuisibles à la précision des mesures.

C'est ainsi que Riensenfeld et Bencker (¹) ont montré qu'en milieu acide

(¹) *Z. anorg. Chem.*, **130**, 1923, p. 168.

il se superposait à la réaction (1) une réaction secondaire pouvant donner naissance à de l'acide iodique ou à de l'eau oxygénée.

Pour éviter cette cause d'erreur Lechner [1] proposa d'opérer en milieu alcalin. Mais en milieu alcalin les iodates formés sont eux-mêmes oxydés partiellement et irrégulièrement en périodates; aussi la méthode proposée par Lechner ne donne-t-elle que des résultats peu précis.

En vue d'obtenir un dosage correct Juliard et Silberschartz [2] ont proposé d'opérer en milieu neutre et en présence d'un accepteur d'ions oxhydriles constitué par une solution tampon de pH voisin de 7.

L'étude que nous avons faite de cette méthode nous a confirmé que dans le cas de concentrations en ozone suffisamment fortes (40^{mg} par litre par exemple) et sous la réserve de ne pas utiliser comme solutions tampons des mélanges à base de biphtalate de potassium les résultats obtenus par cette méthode sont très précis.

Par contre, il n'en est plus de même lorsque le mélange ozoné est pauvre en ozone. Dans ce cas la méthode préconisée par Juliard et Silberschatz donne toujours des résultats trop faibles.

Pour préciser l'importance des écarts observés, nous sommes parti de mélanges ozonés que nous avons progressivement dilués. La méthode mise en œuvre pour les dosages de comparaison a été la méthode à la fluorescéine [3].

Dans le cas de faibles concentrations en ozone, cette méthode est très sensible, mais il est indispensable pour obtenir des résultats corrects d'opérer toujours à un pH rigoureusement fixe. Sous cette condition, les variations observées dans la fluorescence sont rigoureusement proportionnelles aux quantités d'ozone réagissant sur la fluorescéine et permettent de contrôler que les dilutions réalisées correspondent bien aux dilutions prévues. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-après.

Si l'on compare les résultats des expériences (1, 2, 3); (7, 8, 9) et (16, 17, 18), on constate que pour le premier groupe d'expériences, les dosages par la méthode à l'iodure de potassium en milieu tamponné apparaissent plus précis que les dosages effectués par la méthode mettant en œuvre l'extinction de la fluorescence de la fluorescéine.

La précision devient du même ordre de grandeur pour les deux méthodes

(1) *Z. Electrochimie*, **17**, 1911, p. 414.
(2) *Bull. Soc. Chem. Belg.*, **37**, 1928, p. 205.
(3) Benoist, *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 612.

dans le second groupe de mesures, tandis que les expériences (16, 17, 18), font ressortir la supériorité de la méthode à la fluorescéine dans le cas de faibles concentrations en ozone.

Notons d'autre part que les résultats obtenus par la méthode à l'iodure de potassium en milieu tamponné sont toujours trop faibles par défaut et que les écarts de dosage peuvent atteindre 45 pour 100, ce qui rend cette méthode impropre aux dosages précis d'ozone dilué.

En résumé et pour conclure, le dosage de l'ozone par les méthodes chimiques exige pour être précis que le choix de la méthode mise en œuvre soit approprié au titre de l'ozone que l'on se propose d'analyser.

N° de l'expérience.	Concentration des mélanges obtenus par dilution. Dosé par la méthode à la fluorescéine.	Dosé par la méthode à l'iodure de potassium en solution tampon de pH = 7.	Calculé.	Écarts absolus. Méthode à la fluorescéine.	Méthode à l'iodure de potassium en solution tampon.	Écarts pour 100. Méthode à la fluorescéine.	Méthode à l'iodure de potassium en solution tampon.
1......	1,0058	1,0039		+0,0058	+0,0039	+ 0,58	+ 0,39
2......	1,0106	0,9952	1,0000	+0,0106	−0,0048	+ 1,06	− 0,42
3......	0,9938	0,9953		−0,0062	−0,0047	− 0,62	− 0,47
4......	0,2851	0,2773		+0,0042	−0,0036	+ 1,49	− 1,28
5......	0,2773	0,2782	0,2809	−0,0036	−0,0027	− 1,28	− 0,96
6......	0,2826	0,2820		+0,0016	+0,0011	+ 0,57	+ 0,39
7......	0,0551	0,0558		−0,0011	−0,0004	− 1,97	− 0,71
8......	0,0574	0,0545	0,0562	+0,0012	−0,0017	+ 2,13	− 3,02
9......	0,0554	0,0542		−0,0008	−0,0020	− 1,42	− 3,66
10......	0,0285	0,0258		+0,0004	−0,0023	+ 1,42	− 8,18
11......	0,0274	0,0255	0,0281	−0,0007	−0,0026	− 2,49	− 9,25
12......	0,0276	0,0266		−0,0005	−0,0015	− 1,77	− 5,33
13......	0,0108	0,0103		−0,0004	−0,0009	− 3,57	− 8,03
14......	0,0107	0,0092	0,0112	−0,0005	−0,0020	− 4,46	−17,85
15......	0,0115	0,0098		+0,0003	−0,0021	+ 2,68	−18,75
16......	0,0060	0,0031		+0,0004	−0,0025	+ 7,14	−44,64
17......	0,0062	0,0040	0,0056	+0,0006	−0,0016	+10,71	−28,57
18......	0,0053	0,0034		− 0,0003	−0,0022	− 5,35	−39,28

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les borates de potassium. Étude du système* $B^2O^3 - K^2O$. Note de M. **A.-P. Rollet**, présentée par M. Georges Urbain.

Le système binaire $B^2O^3 - K^2O$ n'a fait l'objet d'aucune publication. J'ai entrepris son étude par analyse thermique.

La principale difficulté rencontrée au cours de ce travail réside dans la tendance, très accentuée pour la plupart des mélanges de B^2O^3 et de K^2O, à la formation de verres. Certains mélanges, recuits aux environs de la température la plus favorable, peuvent demander jusqu'à 10 jours pour cristalliser entièrement. D'autres mélanges (entre 7 et 20 pour 100 en K^2O) ne cristallisent que partiellement même au bout de temps très longs. Enfin, entre les compositions de 0 et de 6 pour 100 en K^2O, aucune cristallisation appréciable n'a lieu après plusieurs semaines de recuit.

Brièvement résumée la méthode de travail que j'ai utilisée est la suivante. Le mélange de composition connu (de 20 à 30^g) est contenu dans un creuset de platine. Un couple nu de platine-platine rhodié pénètre dans la masse ainsi qu'un agitateur de platine. Le mélange, fondu et homogène, est mis à refroidir lentement et à recuire pendant un temps qui varie selon l'expérience entre une dizaine d'heures et une dizaine de jours. L'agitation est maintenue tant que l'agitateur n'est pas bloqué. La température du recuit varie d'une expérience à l'autre de 600 à 800° (1).

On détermine ensuite la courbe d'échauffement (température en fonction du temps). Sur cette courbe on distingue le début et la fin de la fusion. Le début de la fusion correspond souvent à un palier (eutectique ou transition) très net.

L'emploi de germes favorise la formation des cristaux et diminue notablement le temps nécessaire à une cristallisation complète de la masse.

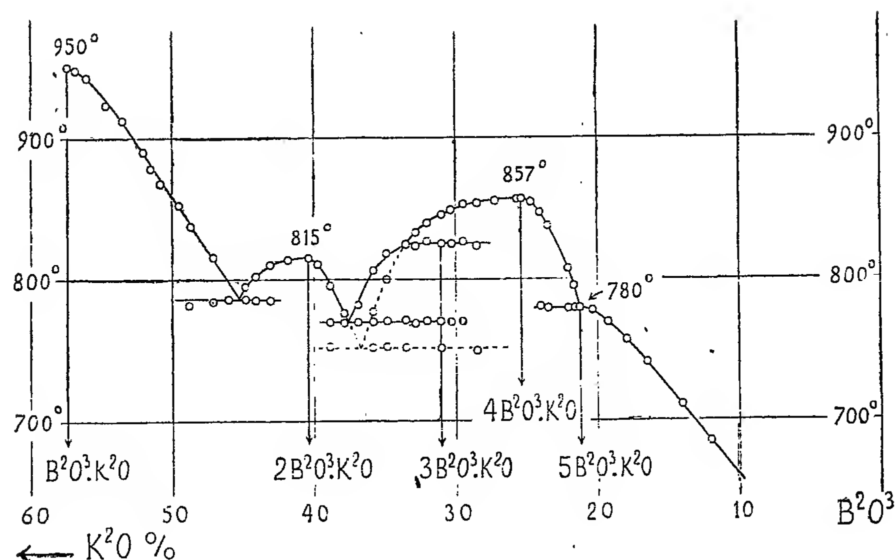
Résultats. — Je me suis borné jusqu'à présent à l'étude des mélanges compris entre les compositions de 0 et de 58 pour 100 en K^2O (en poids). A l'état liquide la miscibilité est complète.

Le diagramme qui résume mes expériences (figure) met en évidence cinq

(1) Des températures moins élevées ont été utilisées pour le recuit des mélanges très riches en anhydride borique.

borates de potassium qui sont :

$B^2O^3.K^2O$	(point de fusion : 950°C),
$2B^2O^3.K^2O$	(point de fusion : 815°),
$3B^2O^3.K^2O$	(décomposé avant la fusion),
$4B^2O^3.K^2O$	(point de fusion : 857°),
$5B^2O^3.K^2O$	(point de fusion : 780°).



Les autres points caractéristiques du diagramme d'équilibre sont les suivants :

	Solides coexistants.	Températures.	Pour 100 en K^2O.
Eutectique...........	$B^2O^3.K^2O - 2B^2O^3.K^2O$	787°	45,3
Eutectique...........	$2B^2O^3.K^2O - 3B^2O^3.K^2O$	770	37,5
Transition............	$3B^2O^3.K^2O - 4B^2O^3.K^2O$	825	33,5
Transition............	$4B^2O^3.K^2O - 5B^2O^3.K^2O$	780	21,3

Souvent le triborate $3B^2O^3.K^2O$ ne cristallise pas dans les mélanges, on obtient alors le point d'eutexie métastable : $2B^2O^3.K^2O - 4B^2O^3.K^2O$ à 752° et 36,5 pour 100.

Les borates de potassium ont été assez peu étudiés jusqu'à présent. Sur une isotherme (30°) du système ternaire $B^2O^3—K^2O—H^2O$, Dugelsky (¹)

(¹) *Z. anorg. Chem.*, 50, 1906, p. 41.

a mis en évidence les espèces chimiques suivantes : $B^2O^3.K^2O.2,5H^2O$; $2B^2O^3.K^2O.4H^2O$ et $5B^2O^3.K^2O.8H^2O$. Le monoborate anhydre $B^2O^3.K^2O$ a été étudié par Jäger [1] qui indique 947° pour le point de fusion. Enfin Le Châtelier [2] a observé, après fusion d'un mélange de potasse et d'anhydride borique, la formation de cristaux auxquels il accorde la formule $4B^2O^3.K^2O$.

J'ai indiqué précédemment, en collaboration avec Andrès [3], que le pentaborate anhydre $5B^2O^3.K^2O$ est une espèce chimique définie qui a pour point de fusion 780°.

Comme le montre la région étudiée du diagramme d'équilibre, l'anhydride borique donne avec l'oxyde de potassium cinq combinaisons : le mono- ou métaborate, et quatre polyborates : les di-, tri-, tétra- et pentaborate de potassium. Le triborate n'a pas encore été signalé.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation du trichlorure de titane anhydre.* Note [4] de MM. **Maurice Billy** et **Paul Brasseur**, présentée par M. Georges Urbain.

La réduction du tétrachlorure de titane par l'hydrogène, sous l'action de la chaleur, a été étudiée par Ebelmen, Goerges et Stahler, Boch et Moser, Nieger, Bauer et Schmith; elle conduit à des réactions d'équilibre complexes, rendant longue et difficile la préparation du trichlorure de titane anhydre en quantités notables.

On a réduit en tube scellé le $TiCl^4$ par différents métaux : titane [5], mercure [6], argent [7], antimoine, étain, arsénic, aluminium [[8]]. Aucune de ces méthodes ne nous a donné de satisfaction.

Le titane pur divisé est difficile à préparer et coûteux. Pour les autres métaux, entre $TiCl^3$ et le chlorure du métal employé, la séparation est malaisée, souvent impossible.

---

(1) *Z. anorg. Chem.*, **101**, 1917, p. 1.

(2) *Bull. Soc. chim.*, **21**, 1899, p. 35.

(3) Rollet et Andrès, *Bull. Soc. chim.*, **49**, 1931, p. 1065.

(4) Séance du 13 mai 1935.

(5) Billy, *Ann. Chim.*, **27**, 1921, p. 12.

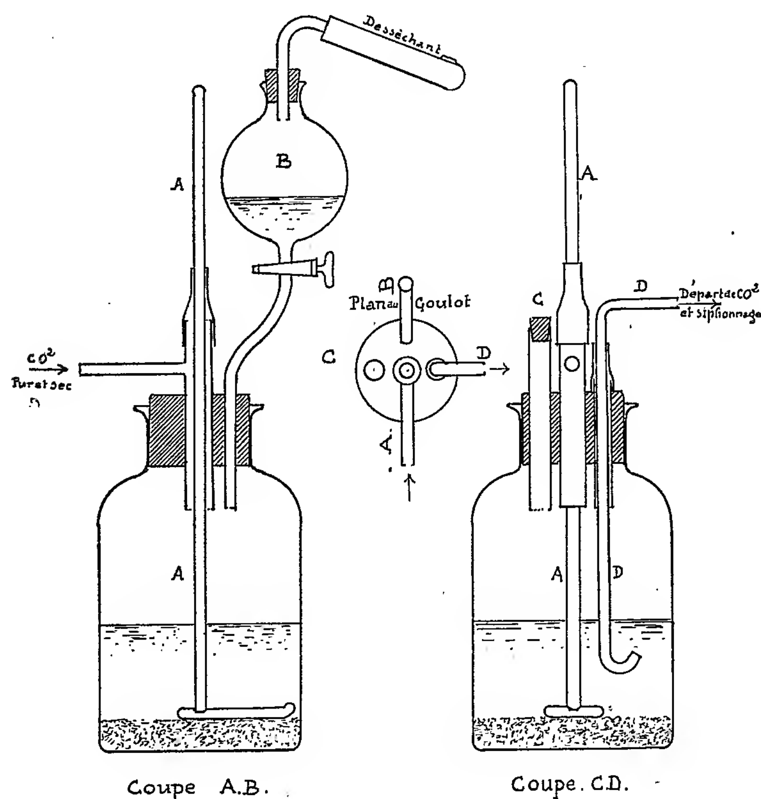
(6) Thorpe, *Chem. News*, **51**, 1885, p. 260.

(7) Friedel et Guérin, *Comptes rendus*, **81**, 1875, p. 889.

(8) Stahler et Bachran, *Ber. d. chem. Ges.*, **44**, 1911, p. 2906; Ruff et Neumann, *Z. anorg. Chem.*, **128**, 1923, p. 81.

Ruff et Neumann (*loc. cit.*) ont choisi la réduction par l'aluminium; ils éliminent le chlorure formé dans la réaction ($AlCl^3$) par distillation, mais cette méthode est si délicate à exécuter que nous y avons renoncé.

Des différents métaux que nous avons essayés, c'est l'antimoine très



Coupe A.B. Coupe. C.D.

divisé qui nous a donné les meilleurs résultats, à la condition d'employer le métal précipité, provenant de la réduction d'une solution de $SbCl^3$ par le zinc. Le métal ordinaire fondu porphyrisé s'attaque incomplètement par $TiCl^4$.

La liqueur chorhydrique d'antimoine à 30° B^é est réduite par le zinc, l'antimoine ainsi précipité est lavé à l'acide chlorhydrique au dixième jusqu'à élimination du zinc, à l'eau bouillie jusqu'à élimination du chlore, à l'alcool, à l'éther, et enfin séché dans un courant de CO^2 pur et sec à 50°. Ces lavages complets se font par agitation mécanique.

Le $TiCl^4$ employé est purifié par ébullition prolongée (5 heures) en

présence du couple Zn-Cu, il est ensuite distillé directement dans le tube à sceller en s'entourant du maximum de précautions contre l'humidité.

On scelle et l'on chauffe 5 heures à 340°. Le lavage de la masse obtenue après réaction, s'effectue sous un courant de CO^2 pur et sec, dans un flacon équipé spécialement (voir *fig.*). Le contenu du tube après ouverture aux deux extrémités est introduit rapidement par la tubulure C en y raccordant le tube scellé, on accélère alors le courant d'anhydride carbonique, puis on le lave au tétrachlorure de carbone anhydre (qui dissout $TiCl^4$), on l'introduit par la boule B, on le refoule en D, par pression de CO^2, après décantation. On termine par un épuisement à l'éther anhydre, qui dissout $SbCl^3$, jusqu'à disparition complète de l'antimoine dans le liquide de lavage. On enlève enfin l'éther au bain-marie par le courant de CO^2, lequel doit être maintenu pendant toutes les opérations. Un agitateur A permet de briser les agglomérés qui se forment pendant le lavage.

Le rendement est théorique, on obtient facilement une centaine de grammes. Ce trichlorure de titane est une poudre d'un beau violet qui s'altère rapidement à l'air humide. On peut le manipuler directement sous l'anhydride carbonique sec et le garder en parfait état dans un tube de verre scellé.

La méthode de purification s'applique également à la réduction par l'aluminium ou par d'autres métaux dont les chlorures sont miscibles aux solvants anhydres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les mobilités relatives des radicaux alcoyles primaires normaux de* C^1 *à* C^{16} *dans leurs chloroformiates.* Note [1] de MM. **Pierre Carré** et **Henri Passedouet**, présentée par M. Georges Urbain.

L'un de nous a déjà montré [2] que les mobilités des radicaux organiques pouvaient être comparées par la détermination des températures de décomposition des chlorosulfites ROSOCl en RCl et SO^2, en présence de pyridine.

Nous nous sommes proposé de voir si la décomposition des chloroformiates ROCOCl, en RCl et CO^2, donnerait des résultats semblables dans le cas des radicaux alcoyles primaires de C^1 à C^{16}.

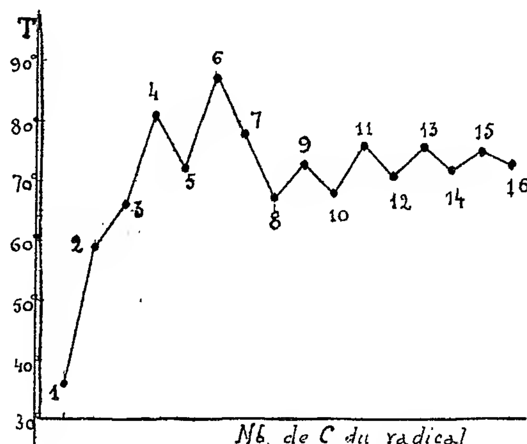
---

(1) Séance du 6 mai 1935.

(2) P. Carré, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 555.

Les chloroformiates d'alcoyles purs sont des corps plus résistants à la chaleur que les chlorosulfites correspondants. Nous avons dû, comme pour les chlorosulfites, abaisser leur température de décomposition au moyen d'un catalyseur, mais nous n'avons pu utiliser la pyridine qui s'est montrée dans ce cas trop active; la quinoléine nous a donné d'excellents résultats et nous a permis de décomposer les chloroformiates dans les limites des températures ordinaires.

Nous nous sommes assurés d'abord que le remplacement de la pyridine par la qui-



noléine n'apportait pas de modification importante dans l'ordre des températures de décomposition des chlorosulfites, au moins pour les radicaux homologues voisins, et en particulier, que la différence curieuse d'alternance constatée entre les chlorosulfites et les chloroformiates d'alcoyle, de C^8 à C^{16}, ne pouvait être attribuée au changement du catalyseur de décomposition.

Les chloroformiates, additionnés d'une quantité équimoléculaire de quinoléine, forment des produits pulvérulents très hygroscopiques, insolubles dans l'éther, et qui contiennent une quantité de chlore correspondant à une combinaison équimoléculaire. Ces composés, purifiés ou non par lavage à l'éther, se décomposent à des températures déterminées, avec formation de RCl et de CO^2. Ces températures de décomposition s'obtiennent, exactement comme celles des chlorosulfites, en effectuant la décomposition en vase clos, et en déterminant la courbe pression-température qui présente un point anguleux à la température de décomposition.

En portant en abscisses le nombre d'atomes de carbone des radicaux alcoyles et en ordonnées les températures de décomposition des chloroformiates correspondants, on obtient la ligne figurative ci-dessus.

Si l'on admet, comme pour les chlorosulfites, que l'aptitude migratrice sur le chlore et, par suite, que la mobilité du radical est d'autant plus grande

que la température de décomposition du chloroformiate correspondant est plus basse, et si l'on se reporte aux résultats obtenus avec les chlorosulfites d'alcoyles normaux (1), on voit que les mobilités de C^1 à C^4 sont tout à fait comparables dans les chlorosulfites et dans les chloroformiates; que l'influence du nombre pair ou impair d'atomes de carbone se fait sentir dans le même sens pour les premiers termes, mais que l'alternance paire-impaire qui ne se manifeste nettement qu'à partir de C^8 dans le cas des chlorosulfites apparaît ici à partir de C^4. On voit aussi un résultat assez curieux, de C^8 à C^{16} l'alternance paire-impaire est inverse pour les chlorosulfites et pour les chloroformiates; alors que pour les chlorosulfites ce sont les radicaux impairs qui sont les plus mobiles, pour les chloroformiates, ce sont les radicaux pairs qui possèdent l'aptitude migratrice la plus grande. On retrouve, comme dans le cas des chlorosulfites, un changement d'allure de la courbe vers C^8, en accord avec l'hypothèse d'un enroulement de la chaîne hydrocarbonée à partir des termes en C^8, enroulement qui aurait pour effet de rapprocher la charge positive du radical de la charge négative du chlore et, par suite, d'abaisser la température de décomposition.

Les mobilités des radicaux alcoyles normaux, dans leurs chlorosulfites et dans leurs chloroformiates, sont donc, dans l'ensemble, assez comparables; mais elles présentent cependant quelques différences qui montrent une fois de plus combien il est difficile de ranger les radicaux organiques d'après leurs aptitudes migratrices; car celles-ci dépendent toujours plus ou moins de la nature du reste auquel ils sont fixés, même pour des substances de constitution analogue comme les chlorosulfites RO SO Cl et les chloroformiates RO CO Cl.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'oxydation des huiles minérales par l'oxygène gazeux à des températures modérées.* Note [1] de M. G. **Muller**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons suivi l'altération des huiles minérales pour transformateurs en mesurant le volume d'oxygène gazeux absorbé par l'huile maintenue à 110° C. Cette mesure a été faite avec un dispositif analogue à celui utilisé par E. Vellinger et G. Radulesco dans leur étude de la photo-oxydation de l'essence de craquage. Les figures 1 et 2 montrent que la plus forte

(1) Séance du 13 mai 1935.

absorption de beaucoup est obtenue avec les huiles incolores dites surraffinées (R_3, P_3, A_3, T_3). Les huile moyennement raffinées (P_2, A_2, T_2) absorbent, en général moins d'oxygène que les huiles peu raffinées (P_1, A_1, T_1), à l'exception de l'huile R_2 déjà partiellement surraffinée. Il

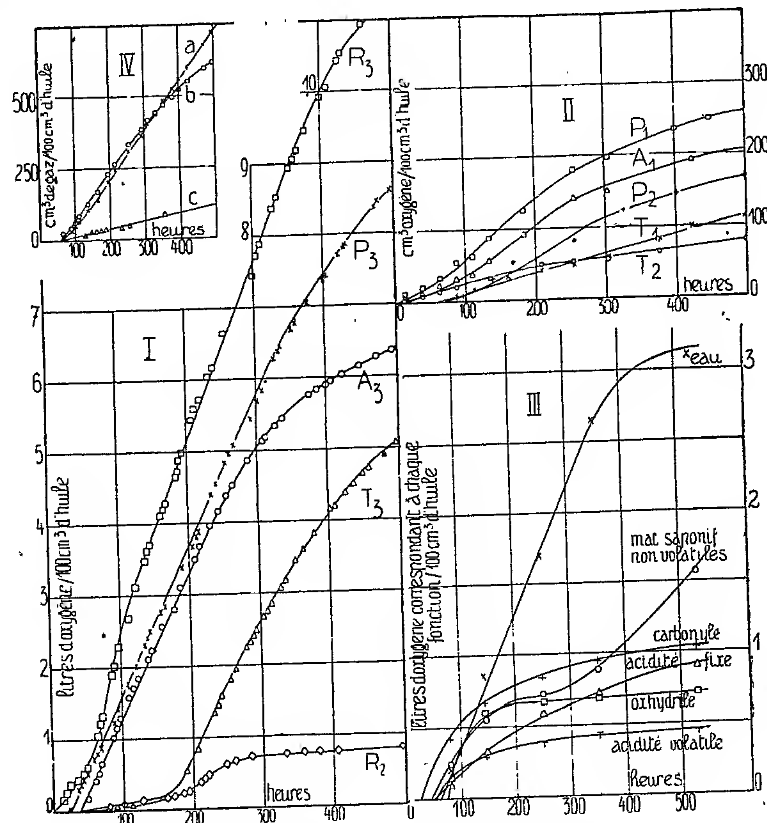


Fig. I. Absorption de l'oxygène à 110° par les huiles surraffinées en fonction de la durée de chauffage. — Fig. II. Absorption de l'oxygène à 110° par les huiles moyennement et peu raffinées en fonction de la durée de chauffage. — Fig. III. Formation des produits d'oxydation de l'huile surraffinée P_3 en fonction de la durée de chauffage. — Fig. IV. Dégagement des produits gazeux pendant l'oxydation de l'huile P_3 : *a*, CO_2; *b*, hydrocarbures; *c*, CO.

semble donc exister un optimum de raffinage. En présence d'un catalyseur tel que le stéarate de cuivre que nous avons étudié précédemment [1] l'absorption d'oxygène n'est que peu accélérée pour les huiles surraffinées. Cependant, en présence du catalyseur, il y a disparition de la période

[1] E. Vellinger et G. Muller, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2252.

d'induction. Par contre l'absorption est considérablement augmentée pour les autres huiles.

A côté de la vitesse d'absorption de l'oxygène, il était intéressant de connaître la nature et la vitesse de formation des produits d'oxydation de ces huiles. A cet effet, nous avons analysé systématiquement les échantillons d'huile dont on connaissait exactement le volume d'oxygène absorbé. Nous avons dosé les diverses fonctions dérivées des hydrocarbures par oxydation, à savoir : oxhydrile, carbonyle, acide, éther-sel et eau. Nous avons ainsi établi pour chaque échantillon une sorte de bilan d'oxygène. A côté des produits d'oxydation que l'on retrouve dans les huiles, l'altération donne naissance également à des produits volatils que nous avons recueillis grâce à un dispositif spécial. Outre l'eau déjà mentionnée, il se forme de l'oxyde de carbone, de l'acide carbonique, de l'acide formique et des hydrocarbures gazeux (voir *fig.* 4).

La figure 3 montre comment varient les divers produits d'oxydation en fonction de la durée de chauffage sans catalyseur pour l'huile P_3. Les courbes des produits d'oxydation en fonction de la durée de chauffage présentent une allure très variable. On constate qu'elles se coupent entre elles. L'examen des huiles d'origines diverses montre qu'il n'existe pas entre ces huiles de différences fondamentales dans l'allure du phénomène d'oxydation, mais que la vitesse de formation des produits d'altération peut être différente. La somme des volumes d'oxygène dosés dans les huiles après une certaine durée de chauffage, correspond avec une bonne approximation à la mesure du volume d'oxygène absorbé.

L'huile une fois refroidie ne semble pas contenir de peroxydes. Cependant, dans le cas des huiles surraffinées, nous avons pu reconnaître leur formation à chaud à certains indices, tels que l'attaque du caoutchouc, etc. Il est donc vraisemblable d'admettre que la formation des peroxydes constitue bien la réaction primaire de l'oxydation des huiles, comme l'avaient déjà indiqué Moureu et Dufraisse, et Staeger. La quantité d'eau formée pendant l'oxydation représente une fraction importante de l'oxygène absorbé dans le cas des huiles blanches.

La formation du dépôt, qui a une très grande importance pratique dans le cas des huiles pour transformateurs, ne paraît pas liée d'une façon simple au volume d'oxygène absorbé. Les huiles surraffinées qui absorbent le plus d'oxygène forment tantôt une quantité importante de dépôt (A_3 et T_3) tantôt n'en forment pas (P_3 et R_3). Les autres échantillons qui absorbent beaucoup moins d'oxygène, en forment toujours au bout d'une

certaine durée de chauffage. L'oxygène rentrant dans la composition de ce dépôt représente de 3-10 pour 100 de l'oxygène total absorbé par l'huile dans le cas de l'altération en absence de catalyseur.

On peut conclure de ce qui précède que la nature chimique de l'oxydation des huiles minérales reste la même quelle que soit leur origine et quel que soit le traitement qu'ont subi ces huiles, bien que les manifestations visibles (dépôts) puissent varier considérablement. Par contre la quantité de produits d'altération varie notablement avec le traitement qu'ont subi ces huiles. Ce sont les huiles blanches qui sont le plus fortement oxydées.

SÉISMOLOGIE. — *La polarisation des ondes séismiques dans la phase primaire des tremblements de terre.* Note [1] de M. **Alexandre Dinca-Samuracas**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai étudié [2] plusieurs tremblements de terre au point de vue de la comparaison des amplitudes des composantes NS-EW et V.

Cette étude a montré que les polarisations des ondes séismiques dans la phase maxima, parfois observées, se produisent dans des plans très différents et ne sont pas liées d'une façon nette à la disposition de la station.

L'examen des séismogrammes provenant des tremblements de terre de Roumanie m'a montré que ce phénomène de polarisation se retrouve aussi dans la phase primaire. Les ondes P et S sur la composante N-S ont des amplitudes très petites par rapport à celles inscrites sur les autres composantes. J'ai étudié un grand nombre de tremblements de terre provenant de l'Est. Pourtant ce phénomène a été trouvé seulement pour les séismes roumains.

Pour ces tremblements de terre, le mouvement dans la phase primaire se propage presque totalement dans un seul plan : le plan vertical E-W. Il y a donc une polarisation. Comme exemple, je donne ici les diagrammes des deux derniers tremblements de terre roumains inscrits à Strasbourg.

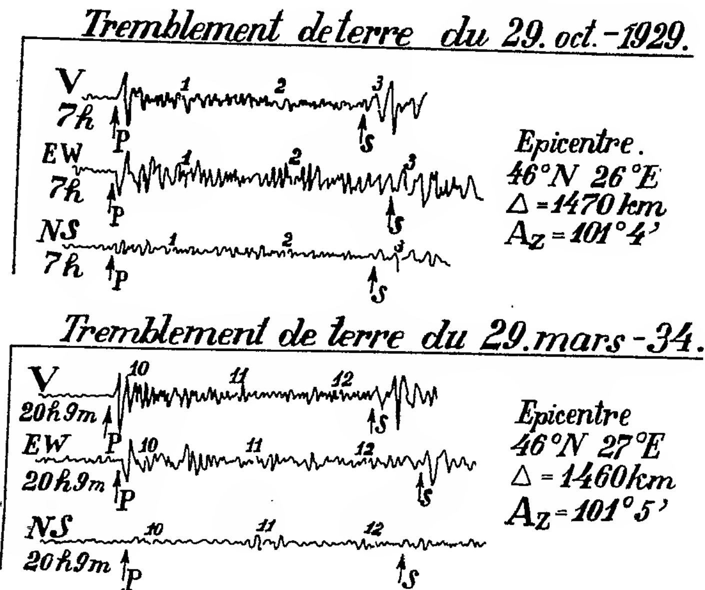
Ces diagrammes font ressortir les différences entre les amplitudes de trois composantes. Les amplitudes sont nettement beaucoup plus grandes sur les composantes EW et V. Il est donc légitime de parler d'une sorte de polarisation dans la phase primaire. Son origine et sa cause sont-elles à l'hypocentre, sur le trajet, ou à la station réceptrice? Dans ce dernier cas

(1) Séance du 13 mai 1935.

(2) *Thèse de la Faculté des Sciences de Strasbourg*, n° 45, 1935, p. 77.

ce sont les conditions locales qu'il faudrait examiner. On sait que Strasbourg se trouve au point de vue géologique dans des conditions spéciales, en raison de l'effondrement de la vallée du Rhin bordée de systèmes de failles principales recoupées par des failles secondaires constituant des champs de fractures. Il m'a paru utile de rechercher la direction de ces failles par rapport à la direction épicentrale. Elles sont attaquées généralement sous un azimut de 101°,4-101°,5.

La direction de ces failles principales serait-elle donc la cause du



phénomène. Il faudrait d'ailleurs connaître dans le détail la disposition tectonique des failles secondaires.

On ne saurait en tout cas attribuer le phénomène à cette seule cause. On pourra encore supposer que :

1° les couches souterraines formant un seul bloc possèdent une période propre de vibrations et renforcent certaines catégories d'ondes séismiques au détriment des autres;

2° la densité des couches superficielles de l'écorce terrestre doit nécessairement influencer les amplitudes du mouvement du sol;

3° les couches intermédiaires entre l'épicentre et le lieu d'observation peuvent apporter des modifications très sensibles dans les trains d'ondes qui les traversent.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la localisation dans les eaux moyennes du Pacifique d'un Mysidacé pélagique peu connu*, Ceratolepis hamata *G. O. Sars*. Note de M. **Louis Fage**, présentée par M. Charles Gravier.

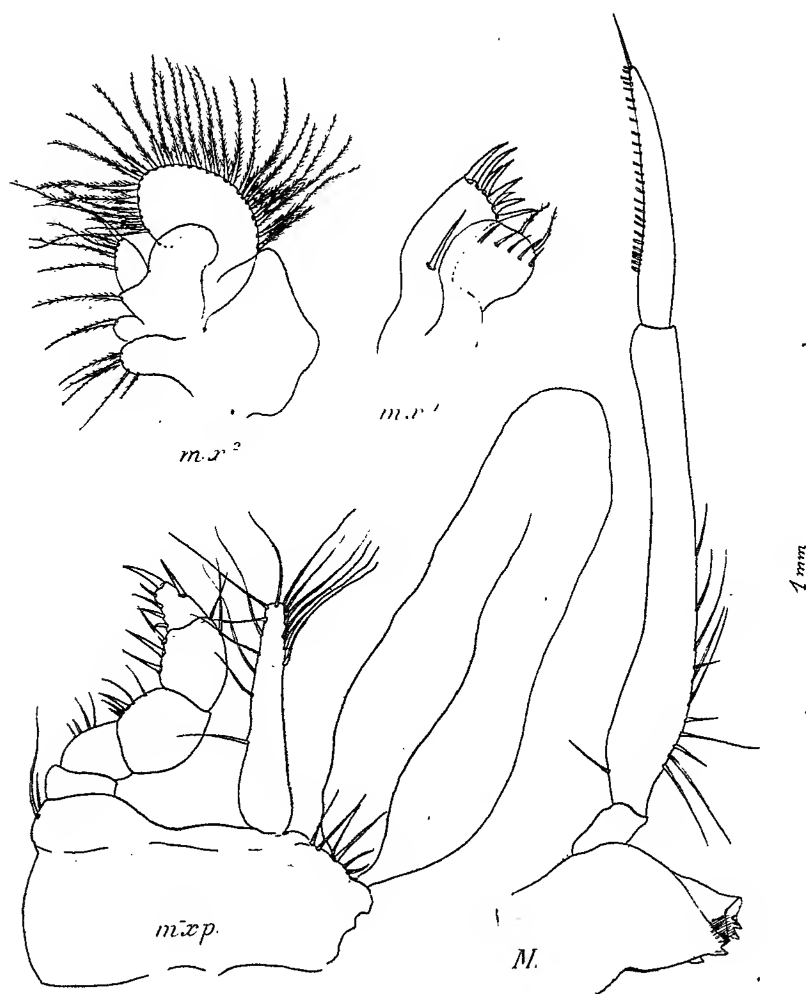
Lors de l'expédition mémorable du *Challenger* (1873-1876) fut récolté, en surface, entre les Nouvelles-Hébrides et l'Australie, un exemplaire d'un Mysidacé, long à peine de 12^{mm} et à caractères singuliers, que G. O. Sars (1885) décrivit sous le nom de *Ceratolepis hamata*. Depuis cette époque, aucun autre individu appartenant à cette espèce n'avait été vu. Or, au cours de la dernière croisière du *Dana* dans le Pacifique (octobre-novembre 1928), le regretté Johs. Schmidt fut assez heureux pour capturer près de 200 exemplaires de ce Crustacé dans des conditions qui jettent quelques lueurs sur sa biologie. Grâce à l'abondance de ce matériel, j'ai pu, en outre, compléter la description qu'en avait donnée G. O. Sars, basée seulement sur l'examen d'un unique individu femelle, et disséquer les appendices buccaux dont je donne ici la représentation.

Les mandibules (M) sont remarquables par l'allongement considérable de l'article médian du palpe; les premières maxilles (mx^1) ont un lobe interne court et épais et un lobe externe sans palpe, mais portant vers son milieu une forte épine dressée; les secondes maxilles (mx^2) ont un exopodite à bord externe arrondi, un palpe épais, de même forme et à peine plus allongé que les lobes internes, le troisième lobe interne est simple; les pattes-mâchoires (mxp) possèdent un épipodite très développé, mais un exopodite uniarticulé, encore rudimentaire et les articles de l'endopodite cylindriques, dépourvus de lobes. Les autres pattes thoraciques sont normales et conformes aux figures qu'en donne G. O. Sars. Je puis également confirmer que, dans les deux sexes, il n'existe à la dernière paire de pattes thoraciques (p^8) qu'un exopodite extrêmement rudimentaire, que les branchies sont au nombre de six paires (p^2-p^7) et les oostégites de sept paires (p^2-p^8). Je n'insisterai pas ici sur les autres caractères externes ni sur la sculpture si particulière de la carapace, ni sur la forme étrange de l'écaille antennaire; tout cela a été fort bien vu et figuré par l'éminent carcinologiste d'Oslo. J'ajouterai seulement, ce que ce dernier n'avait pu constater, que les pléopodes sont semblables dans les deux sexes.

Tous ces caractères légitiment la place du *Ceratolepis* dans le sous-ordre primitif des *Lophogastridea*, où la structure de ses pièces buccales le met tout à côté des genres *Lophogaster*, *Paralophogaster*, *Chalaraspis*. Par la présence aux secondes maxilles d'un troisième lobe indivis et par son

sixième segment abdominal entier, il se rapproche davantage de ces deux derniers genres.

Il est intéressant de signaler la localisation remarquable de cette espèce



Mandibule (M), première maxille (mx^1), seconde maxille (mx^2) et maxillipède (*mxp*) du *Ceratolepis hamata* ♂.

à une aire relativement restreinte du Pacifique. Les dix stations du *Dana* où fut pris le *Ceratolepis* se situent exactement dans une zone comprise entre l'équateur et le tropique du Capricorne, ayant pour centre les Fidji, s'étendant à l'Est jusqu'à l'archipel de Cook et à l'Ouest jusqu'aux Nou-

velles-Hébrides. Dans cette région, dont les profondeurs, partout supérieures à 1000m, peuvent atteindre 5500m (Stn. 3581), les captures qui nous intéressent ont été faites alors que le filet pélagique pêchait généralement à 300m au-dessous de la surface. Il ne s'agit donc nullement d'une espèce bathypélagique, mais qui se tient de préférence en eaux moyennes, plus près de la surface que du fond.

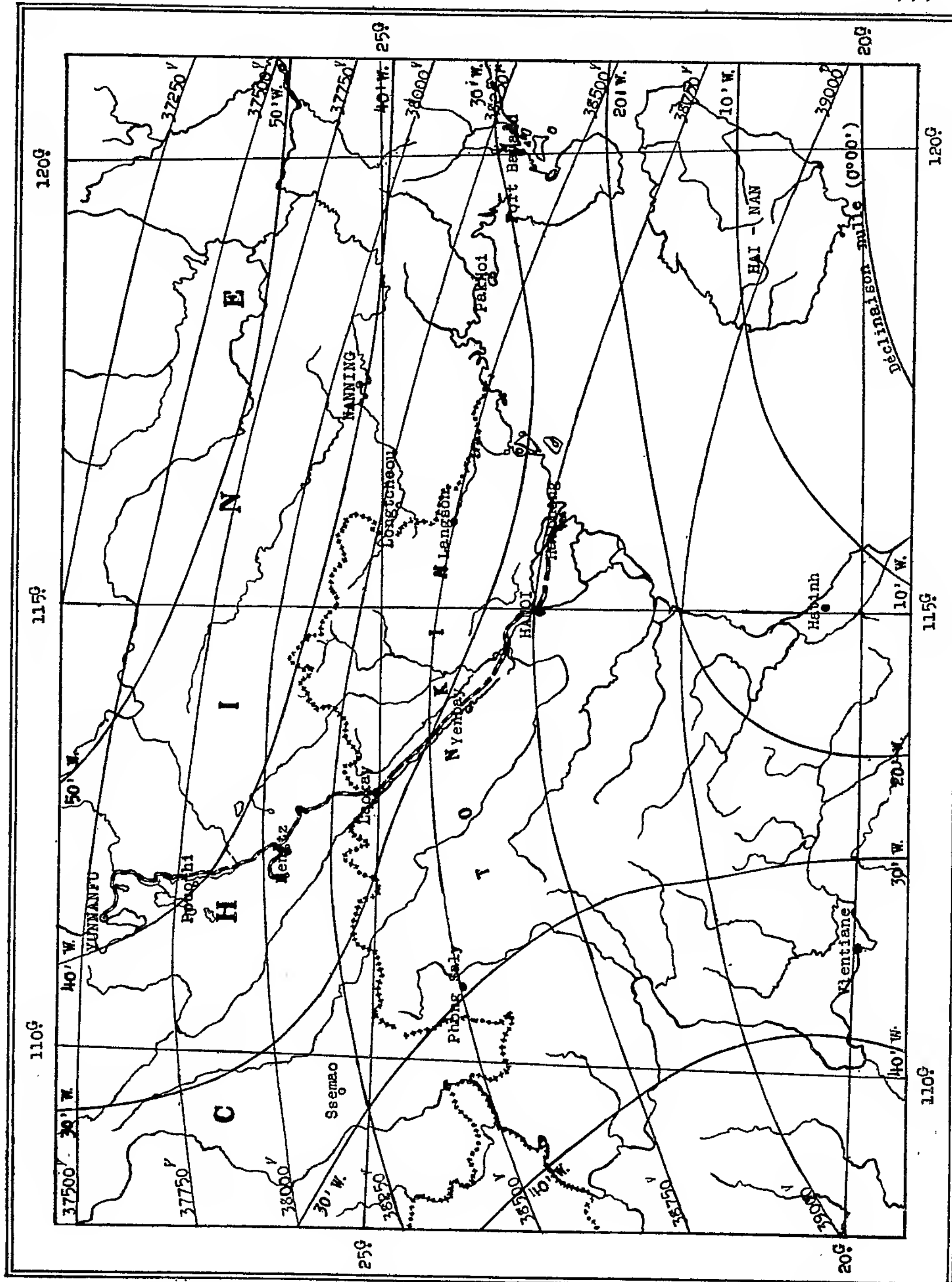
Cette étroite localisation, qui explique, dans une certaine mesure, que la découverte du *Challenger* ait tardé si longtemps à être confirmée, est due peut-être au fait que la zone occupée par le *Cerotolepis* est précisément comprise dans la seule région du Pacifique Sud où la température demeure élevée en profondeur : 13°C., d'après Schott, à 400m, tandis qu'à la même profondeur on ne trouve, à l'entour, que 10°C.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Observations magnétiques dans le sud et le sud-ouest de la Chine, et carte des isogones et isodynames.* Note (1) de M. **M. Burgaud**, présentée par M. Charles Maurain.

Le tableau suivant donne les valeurs obtenues dans les observations magnétiques rapportées dans une Note récente (2) et la carte jointe donne la répartition probable des isogones et des isodynames pour les régions étudiées.

(1) Séance du 6 mai 1935.

(2) M. Burgaud, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1543.


CHINE
TONKIN
HAI-NAN
YUNNANFU
NANNING
Pakhoi
Port Bayard
Langson
Hanoi
Yenbay
Laokay
Mengtz
Ssemao
Phong Saly
Vientiane
Hatinh
Déclinaison nulle (0°00')
120G
115G
110G
25G
20G

Lever magnétique (Hiver de 1934-1935).

Les valeurs sont toutes réduites à l'étalon international I. M. S.

Lieu.	Lat. du Nord.	Long. E. G.	Date.	Chasselon n° 24. Temps local.	Chasselon n° 24. D.	Smith II. Temps local.	Smith II. D.	Smith II. H.	Askania n° 98386. Temps local.	Askania n° 98386. I.	Askania n° 98386. Z.	Valeurs anciennes. Date.	D.	Var. séc. appr.	H.	Var. séc. appr.	I.	Var. séc. appr.
A...	21°08'	110°34'	20 déc.	–	–	10h30m	−31',3	38148γ	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			»	–	–	15.30	−27,8	38149				–	–	–	–	–	–	–
			22 déc.	–	–	–	–	–	15h45m	28°03',4	20333γ	–	–	–	–	–	–	–
B...	21.08	110.23	21 déc.	..	–	9.50	−23,8	38166	9.05	28.01,4	20314	20 janv. 1906	–	–	37676γ	+17γ	28°39',7	−1',3
			»			10.07	−24,3	38166	10.23	28.02,7	20331							
			22 déc.	9h57m	−25',6	–	–	–	–	..	–							
			»	10.11	−26,2	–	–	–	–	–	–							
C...	21.30	109.06	23 déc.	–	–	17.17	−31,4	38393	–	–	–	12 oct. 1911	+14',3	−2',1	37996	+17	28.48,7	−1,2
			24 déc.	10.50	−34,9	8.54	−34,6	38391	8.56	28.22,9	20746							
			»	–	–	9.35	−35,2	38405	10.14	28.20,7	20714							
D...	–	–	24 déc.	16.24	−34,3	17.37	−34,6	38369	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			25 déc.	–	–	14.58	−37,1	38382	14.55	28.22,0	20724	–	–	–	–	–	–	–
			»	–	–	15.25	−37,0	38383	16.00	28.22,4	20731	–	–	–	–	–	–	–
E...	21.38,5	104.54	2 janv.	15.46	−27,9	16.36	−28,0	38554	16.14	28.42,3	21113	4 nov. 1911	+27,6	−2,4	38136	+18	29.04,1	−0,9
			»	–	–	16.56	−28,1	38556	–	–	–							
F...	25.04,2	102.42	8 janv.	9.48	−43,5	10.53	−43,3	37587	10.28	34.58,4	26292	11 janv. 1917	−02,8	−2,3	37192	+22	35.19,3	−1,2
			»	–	–	11.06	−44,0	37587	11.21	34.56,8	26267							
G...	–	–	10 janv.	9.28	−50,4	9.50	−49,1	37487	10.14	35.05,9	26344	–	–	–	–	–	–	–
			»	9.42	−49,8	10.00		37484	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
H...	24.14,7	103.12	11 janv.	16.03	−40,2	–	–	–	–	–	–	10 nov. 1911	+19,8	−2,6	37320	–	33.53,0	–
			»		−40,2													
I...	23.22,7	103.26	13 janv.	15.10	−38,6	16.53	–	38131*	–	–	–	11 mai 1917	−04,6	−1,9	37751	+21	32.16,0	–
			»	16.10	−38,0	–	–	–	–	–	–							
J...	22.28,0	104.00	15 janv.	9.07	−30,3	9.52	–	38491*	–	–	–	6 nov. 1911	+27,1	−2,5	37993	+21	30.29,8	–
			»	9.17	−29,9	–	–	–	–	–	–							
K...	21.03,2	105.50	19 janv.	15.52	–	14.43	–	38745	14.23	27.22,9	20067	3 nov. 1911	+21,0	–	38313	+19	27.49,0	−1,1
			»	16.11	–	14.59	–	38742	15.15	27.24,6	20092							
L...	21.51,6	106.42	21 janv.	16.47	−30,4	15.23	−31,2	38424	10.19	28.57,5	21262	30 oct. 1911	+19,8	−2,2	38046	+16	29.25,4	−1,1
			»	–	–	–	–	–	14.47	29.01,1	–							
			»	–	–	15.40	−31,2	38425	15.55	29.01,2	21316							
M...	22.19,2	106.52	22 janv.	16.42	−30,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			24 janv.	9.17	−32,3	10.05	–	38271*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
			»	11.40	−32,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Lieux. — A, Kwanchauwan (Fort Bayard), mission catholique; B, Kwanchauwan (Fort Bayard), vieux camp de Hoiteou; C, Pakhoi (C. M. S.); D, Pakhoi (évêché); E, Yenbay (plage, lit du Fleuve Rouge); F, Yunnanfu (jardin du consulat anglais); G, Yunnanfu (jardin public de la ville); H, Pouo-hi; I, Mengtz (ancien hôpital); J, Lao-kay (lit du Fleuve Rouge); K, Hanoï (digue du Fleuve Rouge); L, Lang-son (terrain de football); M, Long-tcheou (ancien tennis des Douanes chinoises).

Remarque. — (*) Ces trois valeurs de H sont mesurées avec Chasselon n° 24 et l'aimant H.

BOTANIQUE. — *Nouvelles recherches botaniques dans le Grand Atlas oriental.* Note de M. **Louis Emberger**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

J'ai continué, l'été dernier, l'exploration botanique du Grand Atlas oriental en étudiant spécialement la région entre l'Azourki et l'Ayachi laquelle possède de nombreux sommets dépassant 3000^m. Ce pays était presque inconnu [1].

La végétation permet de reconnaître deux territoires distincts séparés, en gros, par la ligne reliant le Tizi-n-Telouet des Glaoua et l'Ayachi, en passant sur le versant nord du Mgoun, par la Zaouia d'Ahansal, par les lacs d'Imilchil et englobant le Masker et l'Ayachi. On remarque que cette limite ne suit pas partout la ligne de partage des eaux.

L'étude des influences climatiques dans leurs rapports avec la végétation est particulièrement intéressante dans la région séparant les bassins de l'Oued el Abid et de la Moulouya. Les vents humides arrivant par la vallée de l'Oued el Abid débordent largement sur le versant méditerranéen et s'y manifestent puissamment en donnant la vie aux belles cédraies du Masker et de l'Ayachi installés en plein étage de *Juniperus thurifera*.

Nous résumerons successivement la végation de ces deux territoires.

La partie nord, influencée par l'Atlantique, présente, à l'ouest des sources de l'Oued el Abid, une succession complète des étages de végétation : un étage *semi-aride doux* à *Callitris* ou, plus fréquemment à *Juniperus phœnicea* avec, çà et là, des enclaves importantes de *Pinus halepensis*; *Buxus balearica* est fréquent ; un *étage tempéré* classique à Chênes-verts, un *étage humide* à *Cedrus*, un étage *semi-aride froid* à *Juniperus thurifera* et, enfin, un *étage de haute montagne* à xérophytes épineux (*Alyssum spinosum*, *Arenaria pungens*, etc.). Aucun sommet n'est assez élevé pour porter l'*étage culminal* dépourvu d'espèces ligneuses que nous avons découvert aux plus hautes altitudes. Sur le sommet de l'Ayachi (3750^m), montagne la plus élevée du pays que nous avons explorée, on trouve encore, entre 3700 et 3750^m deux espèces ligneuses (*Arenaria Dyris* et *A. pungens*).

Sur le versant de la Moulouya, la succession des étages est un peu différente. Il y a, en bas, un *étage aride* à *Stipa tenacissima* qui manque à l'Ouest,

---

(1) Rappelons que H. Humbert a réussi, en 1924 et 1925, deux raids dans le massif de l'Ayachi, alors situé en pleine zone dissidente.

puis les *étages semi-aride*, à *Juniperus phœnicea*, et *tempéré*, à *Q. Ilex* très mal différenciés et faiblement développés, et, surtout, un étage à *J. thurifera* coupé en deux, entre 2000 et 2700^{m}, par des forêts de Cèdres. Enfin, au sommet, on retrouve l'étage asylvatique à xérophytes épineux.

La flore de ce territoire possède de très nombreuses espèces en commun avec le Moyen Atlas qui forme, avec cette partie du Grand Atlas, un seul territoire floristique. Parmi les espèces communes aux deux massifs montagneux, nous mentionnons spécialement : *Pinus Pinaster*, *Juniperus communis*, *Oryzopsis paradoxa*, *Asphodelus Ayardii*, *Crocus nudiflorus*, *Silene mesatlantica, Bisentella frutescens*, *Sedum Jaccardianum*, *Saxifraga longifolia*, *Ononis aragonensis*, *Dracocephalum Mairei*, *Atropa bætica*, *Lonicera pyrenaica*, *Sambucus Ebulus*, *Phagnalon Embergeri*, *Leucanthemum Redieri, L. mesatlanticum, Tussilago Farfara, Verbascum Lychitis*, etc. J'y ai découvert, de plus, une dizaine d'endémiques nouveaux, dont 1 *Draba*, 1 *Nepeta*, 1 *Laserpitium*, 1 *Elaeoselinum*, 1 *Carum*, 1 *Cerastium*, 1 *Koeleria*, etc.

Les falaises calcaires (Masker, Zaouïa Ahansal) sont caractérisées par *Saxifraga longifolia* Lap. sp. *Gausseni* Emb. Retenons aussi que ces montagnes ont la seule Androsace vivace d'Afrique, *A. villosa*. Les pelouses humides à *Festuca* des hautes altitudes, même sur le sol siliceux, ne paraissent pas posséder *Nardus stricta*, mais j'y ai découvert *Cardamine pratensis*.

La végétation des hauts sommets est très clarsemée. J'ai noté sur l'Ayachi (entre 3700 et 3750^{m}) une trentaine (28) d'espèces dont plus de la moitié (15) endémiques, réparties en 24 genres. Les Crucifères sont les plus nombreuses (10 espèces en 8 genres); il n'y a qu'une seule Graminée (*Avena montana*).

Dans la partie sud influencée par le Sahara, nous remarquons l'absence complète de l'étage humide à *Cedrus* et même, partiellement, celle de l'étage tempéré à Chênes-verts. Il n'y a pour ainsi dire qu'un étage semi-aride à *J. phœnica* et *J. thurifera* succédant à un étage aride à Halfa ou ses équivalents, suivant les sols. Ça et là un fragment d'étage tempéré à Chênes-verts vient prendre place entre les deux Genévriers. L'étage de haute montagne est le même que celui que nous venons de décrire, mais il est plus pauvre en espèces et en individus.

La flore de ces montagnes ne rappelle plus le Moyen Atlas; elle a des caractères méridionaux-sahariens : *Scabiosæ Parielii*, *Centaurae Josiæ*, *Thymelæa virescens*, *Adenocarpus Bacquei*. Parmi les espèces nouvelles découvertes dans ces montagnes, nous citerons un nouveau xérophyte subépineux *Buffonia Murbeckii* et un *Marrubium* (*M. Guilliermondi*).

Floristiquement cette partie du Grand Atlas oriental n'est qu'une partie d'un territoire qui comprend tout le versant sud du Grand Atlas, depuis le Tizi-n-Tichka des Glaoua jusqu'au massif de l'Ayachi et tout le Grand Atlas oriental à l'est du Tizi-n-Telghemt.

PHYTOPATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le parasitisme du Champignon de couche par la Môle est un phénomène réversible.* Note de MM. **Jean Chaze** et **André Sarazin**, présentée par M. Julien Costantin.

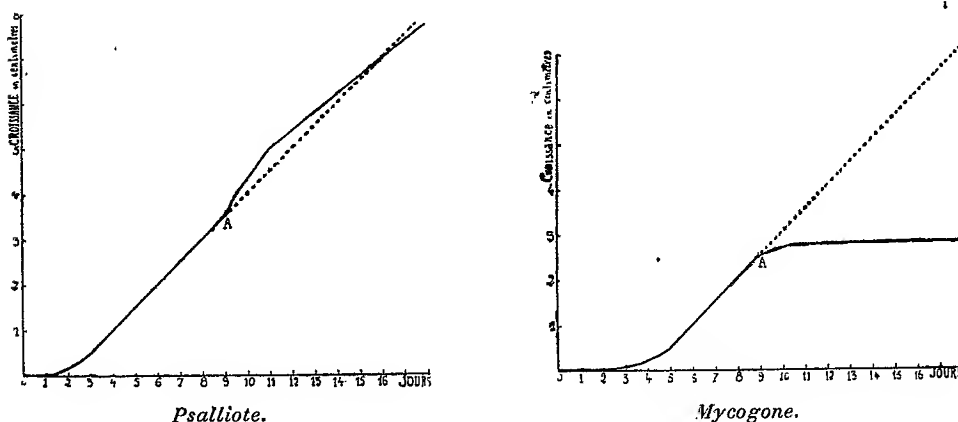
Nos essais expérimentaux d'infection de la Môle ([1]) ayant démontré, entre autres points, que seul le *blanc* de Champignon était, sous certaines conditions, le point de départ de la maladie, nous avons été conduits à préciser le comportement réciproque des hyphes mycéliens de l'hôte et du parasite développés ensemble en culture pure. Voici les principales expériences réalisées dans ce but.

I. Des lames de verre sont stérilisées et enduites d'une fine couche de jus de carotte gélosé. Sur ce milieu nutritif sont déposés des feuillets sporifères de Psalliote. Le tout est placé dans un tube de Borel contenant quelques gouttes d'eau, et porté à l'étuve à 22°. Dans de telles conditions optimales, les éléments de l'hyménium ne tardent pas à s'accroître. A ce moment des spores de *Mycogone perniciosa*, provenant de culture pure, sont ensemencées, les unes sur l'hyménium, les autres à quelques millimètres des hyphes en voie de croissance, les dernières à plusieurs centimètres du même objet. Au bout de 48 heures environ, les lames sont observées au microscope. On constate que le Psalliote a continué une croissance régulière et qu'au contraire la germination des spores de Mycogone s'est effectuée très irrégulièrement, suivant la position des spores par rapport au fragment de Psalliote. Les spores situées sur l'hyménium n'ont pas germé. Certaines de celles qui se trouvaient au voisinage des hyphes en voie de croissance se sont comportées de même, alors que d'autres ont donné naissance à des filaments, peu ramifiés et courts, et qui paraissent avoir un tropisme négatif par rapport au mycélium du Psalliote. Les filaments du Mycogone *fuient* devant ceux de leur hôte normal. Les spores situées à quelques centimètres ont germé en filaments très ramifiés formant une auréole.

II. Les milieux nutritifs les plus appropriés pour cette deuxième série

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 855.

d'expériences sont : du jus de carotte gélosé, ou du fumier provenant des meules. On dispose en premier lieu sur les bords d'une boîte de Pétri du blanc provenant de spores. Dès que la croissance de celui-ci est bien marquée on ensemence à l'autre extrémité des spores de Mycogone. On procède ensuite tous les jours à des mensurations de la croissance des mycéliums; les mêmes opérations sont effectuées sur des cultures témoins de « blanc » et de Mycogone développées dans des boîtes séparées (voir courbes ci-dessous, les Champignons en présence sont figurés par un trait plein et les témoins isolés l'un de l'autre par un pointillé).



Psalliote. *Mycogone.*

La croissance des deux Champignons est régulière (5 à 6^{mm} suivant le milieu utilisé), les filaments se rapprochent donc. Au neuvième jour les hyphes sont à 1^{cm} de distance (point A sur les deux courbes). La croissance du Psalliote s'accélère alors et passe de 5^{mm} à 9^{mm}, alors qu'au contraire celle du Mycogone décroît très sensiblement (2^{mm} au lieu de 5^{mm}). A partir du dixième jour le blanc continue pendant deux jours son développement accéléré qui redevient à peu près normal par la suite. Il envahit donc le mycélium du Mycogone dont la croissance est complètement arrêtée et ne reprend plus par la suite. Il y a aussi lieu de noter que lorsque le Mycogone se trouve à 1^{cm} environ du Psalliote, il ne forme que peu ou pas de spores, mais seulement des filaments végétatifs. Les spores qui parfois prennent alors naissance sont plus petites et leur pouvoir germinatif est très ralenti.

III. Le milieu (jus de carotte gélosé) mis dans un flacon de Roux est ensemencé avec du blanc qui au bout de 3 à 4 semaines a envahi toute la surface libre. La culture est alors retournée brusquement, de telle sorte

que la nouvelle face externe est lisse et sans champignon. On ensemence alors des quantités notables de spores de Mycogone, celles-ci ne germent généralement pas ou très faiblement. Dans ce cas, il n'y a donc pas de contact direct avec les filaments du Psalliote; mais le Mycogone ne se développe pas sur un milieu où le blanc a poussé.

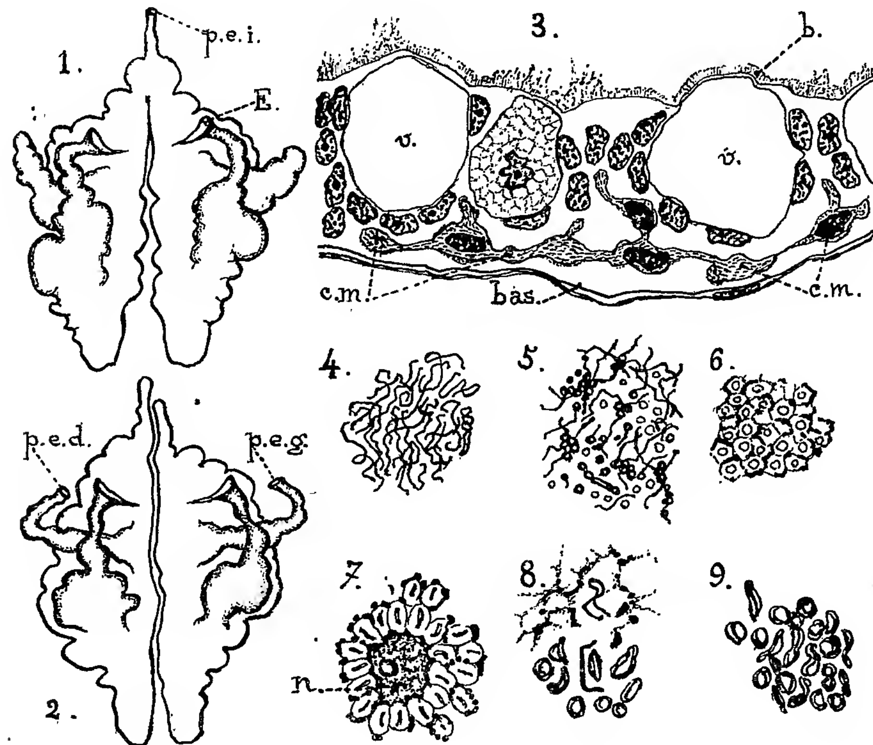
Ces expériences, quoique effectuées avec des plantes différentes, complètent une partie des beaux travaux de Noël Bernard (cultures pures de mycorhizes en présence de fragments de bulbe d'Orchidées). Elles montrent aussi que le parasitisme de la Môle sur le Champignon de couche est un phénomène réversible; puisque en culture pure la croissance du « blanc » ralentit et arrête ensuite celle du Mycogone, elle empêche aussi partiellement sa sporulation, ce qui constitue une forme de parasitisme. Pour expliquer de tels effets, il y a tout lieu de supposer que l'appareil végétatif du Psalliote sécrète des anticorps qui diffusent dans le milieu nutritif (expériences dans flacon de Roux). Dans les champignonnières ces anticorps subissent sans doute des transformations plus ou moins prononcées et perdent ainsi une partie de leur efficacité. Une telle sécrétion serait nulle ou très réduite dans les filaments dégénérés ou affaiblis qui seuls sont propres à l'invasion ou à la recrudescence de la maladie.

ZOOLOGIE. — *Caractères anatomiques et cytologiques des néphridies thoraciques de* Sabellaria. Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il existe, dans la région thoracique de *Sabellaria* (Hermellides), un appareil rénal qui, pour Ed. Meyer (1887), serait analogue à l'organe néphridien des Serpulides : deux entonnoirs vibratiles cœlomiques et un seul néphridiopore à l'extrémité d'un canal excréteur unique, impair et dorsal s'ouvrant au-dessus du cerveau. Le schéma de la figure 1 matérialise ces données de l'auteur russe. Or j'ai montré (¹) que cette interprétation de Meyer, en dépit de la beauté des figures de son ouvrage devenu classique, est inexacte. L'appareil rénal de *Sabellaria* comprend, en effet, deux néphridies entièrement indépendantes l'une de l'autre et possédant, chacune, un pavillon vibratile interne et un néphridiopore externe latéral; ce dernier se trouve à la base des branchies de la première paire, dans le

(¹) A. Dehorne, *Comptes rendus*, 146, 1908, p. 838.

parapode du deuxième segment, celui-là même dont la rame dorsale n'est représentée que par une branchie. Venant de faire sur cet objet une nouvelle étude à l'aide de coupes sériées, je puis confirmer en tous points mes observations anatomiques de 1908 : les deux néphridies antérieures de *Sabellaria* ne répondent nullement au type de l'organe rénal des Serpu-



lides; disposées côte à côte, elles s'ouvrent chacune au dehors par un canal excréteur et un pore cilié particuliers (*fig.* 2).

L'épithélium néphridien offre l'aspect général représenté dans la figure 3; c'est un syncytium, limité du côté de la lumière par une bordure en brosse (*b.*), rarement reconnaissable et qui doit avoir la propriété de se produire et de se détruire avec la plus grande facilité; il ne possède ni cils vibratiles, ni flagelles. D'énormes cavités, renfermant la substance qui va être excrétée sous une forme liquide, occupent la majeure partie de cet épithélium; je n'ai jamais vu ce dernier autrement que bourré de ces gigantesques vacuoles (*v.*), à contenu très fluide ne précipitant pas sous l'action des divers réactifs. Par leur croissance démesurée, elles forcent les noyaux

à se rapprocher en groupements parfois considérables. Dans la partie profonde de l'épithélium, à quelque distance de la basale (*bas.*), cheminent de singuliers cordons d'allure mésenchymateuse (*c. m.*) dont le cytoplasme dense est chargé de courts bâtonnets, tous orientés de la même manière et prenant vivement la fuchsine dans la coloration d'Altmann. Ces cordons syncytiaux se ramifient dans l'épaisseur de l'épithélium et représentent les prolongements intraépithéliaux de tout un système de formations identiques siégeant dans le tissu conjonctif, la musculature et même l'épiderme; l'épithélium du tube digestif en renferme également. Il s'agit là, en effet, d'un constituant mésenchymateux constant, commun aux diverses catégories tissulaires, bref d'un stock toujours présent de tissu de remplacement. J'en ai trouvé l'équivalent chez beaucoup de Polychètes : Aphroditiens, Nephthydiens, Euniciens; c'est chez ces derniers que la ressemblance est la plus grande à cet égard avec *Sabellaria*. Ici l'épithélium de la néphridie ne montre jamais de cinèses ni de noyaux en amitose; le remplacement des parties détruites au cours de l'élaboration excrétoire est assuré par la réserve en constituants cellulaires de ces curieuses ramifications syncytiales.

Les fixations au Helly et au Benoît permettent de colorer un chondriome abondant, typiquement représenté par des chondriocontes grêles et longs (*fig.* 4). Le plus souvent, toutefois, il est à l'état de fines mitochondries; il montre en outre des formes évolutives jouant un rôle à coup sûr important dans la production des substances urinaires; les chondriocontes acquièrent en effet de petites vésicules qui peuvent produire des amas vésiculeux (*fig.* 5) et les mitochondries subissent une modification du même ordre. On constate alors une diminution sensible dans la quantité du chondriome et le cytoplasme glandulaire acquiert un nouvel aspect (*fig.* 6 et 7). Les chondriocontes restants et les mitochondries se trouvent répartis autour de sortes d'alvéoles dont le contenu est de nature préurinaire; les espaces alvéolaires s'accroissent et en même temps leur contenu devient sans doute plus visqueux; car les fixateurs, surtout le Benoît, y montrent, dans le centre, une sphérule à structure concentrique, qui rappelle les concrétions sphériques (leucine?) si fréquentes dans les tubes de Malpighi. Puis, les mailles cytoplasmiques contenant les derniers vestiges de chondriome se défont, provoquant la formation d'énormes cavités (*fig.* 3 *v*), dont le liquide ne renferme plus qu'un certain nombre de sphérules concentriques plus ou moins déformées (*fig.* 8 et 9), qui disparaissent bientôt à leur tour.

ZOOLOGIE. — *Cycle évolutif d'un Trématode Holostomide* (Cyathocotyle Gravieri *n. sp.*) Note de M. **Paul Mathias**, présentée par M. Charles Gravier.

Durant le mois d'août 1934, j'ai récolté dans la rivière de Clomot (Côte-d'Or), des *Bithynia tentaculata* L. qui renfermaient dans leur tortillon de nombreux sporocystes bourrés de cercaires. Les sporocystes, très contractiles, ont $1^{mm},6$ de long sur $0^{mm},1$ de large.

Les cercaires présentent un corps de $0^{mm},16$ à $0^{mm},24$ de long sur $0^{mm},06$ à $0^{mm},12$ de large et une queue bifurquée plus longue que le corps. Le tronc impair de la queue a de $0^{mm},16$ à $0^{mm},30$ de long, tandis que les branches terminales, dépourvues de membrane ondulante, ont $0^{mm},20$ de longueur. La ventouse orale, terminale, est piriforme et présente sur son bord de petites épines plus fortes que celles qui recouvrent le corps. On ne distingue pas de ventouse ventrale. Le tube digestif comprend un pharynx, un court œsophage et deux cæcums intestinaux très apparents, à bords festonnés, qui s'étendent jusqu'à l'extrémité postérieure du corps.

A maturité, les cercaires sortent en grand nombre hors du Mollusque et pénètrent très rapidement dans des Poissons, tels que Goujons ou Vairons, mis dans l'eau où elles se trouvent. On peut déjà, 24 heures après la mise au contact avec les cercaires, trouver dans les Poissons des kystes. Ceux-ci sont situés principalement dans les muscles des flancs, soit très profondément, soit à fleur de peau, surtout au voisinage de la ligne latérale. On en rencontre aussi dans les tissus situés entre l'œil et l'orbite. Lorsqu'ils sont mûrs, les kystes sont ovoïdes et leur paroi est très épaisse. Ils mesurent $0^{mm},5$ de long sur $0^{mm},3$ de large. Ils contiennent une métacercaire dont le corps renferme d'abondantes granulations réfringentes disposées en un réseau à mailles plus ou moins lâches.

J'ai donné à manger à des canards, reconnus indemnes de parasites, des Poissons mis au contact des cercaires précédentes depuis 8 à 10 jours, mais je n'ai obtenu aucun résultat. Les kystes semblent n'atteindre leur maturité qu'au bout d'un certain temps. J'ai conservé des Poissons porteurs de kystes pendant 2 à 3 mois et, seulement alors, je les ai fait absorber à des canards sains. J'ai aperçu les premiers œufs de Trématodes dans les excréments de ces Oiseaux, 3 jours et demi après l'absorption des Poissons et, dès le quatrième jour, les œufs étaient abondants. En sacrifiant les

canards, j'ai trouvé, dans la partie terminale de l'intestin, un peu au-dessus du niveau du débouché des deux cæcums intestinaux, quelques Trématodes adultes, à contour presque circulaire, fixés à la muqueuse intestinale par un organe adhésif volumineux.

Ils mesurent environ $1^{mm},1$ de long sur $0^{mm},9$ de large. Les deux ventouses sont très rapprochées l'une de l'autre; l'orale à de $0^{mm},12$ à $0^{mm},13$ de diamètre, la ventrale peu visible mesure de $0^{mm},065$ à $0^{mm},07$ de diamètre. Le pharynx a de $0^{mm},085$ a $0^{mm},09$ de diamètre. Les vitellogènes s'étendent de chaque côté du corps depuis le niveau du pharynx presque jusqu'à l'extrémité postérieure. Les deux testicules sont placés de part et d'autre du plan médian. L'ovaire, à contour sensiblement arrondi, est déporté sur la gauche du corps en avant du testicule gauche. La poche du cirre, sur la droite, est assez développée, Le pore génital dorsal est presque à l'extrémité postérieure du corps. Les œufs, de couleur jaune clair, sont ovales et mesurent de $0^{mm},08$ à $0^{mm},092$ de long sur $0^{mm},05$ à $0^{mm},06$ de large; abandonnés dans l'eau, ils se développent et donnent un miracidium cilié pourvu de deux taches oculaires, brun foncé, écartées l'une de l'autre.

Le Trématode précédent est un Holostomide de la famille des *Cyathocotylæ*. Il appartient au genre *Cyathocotyle* dont on ne connaît actuellement que trois espèces : *C. Prussica* Mühling, *C. fraterna* Odhner, *C. orientalis* Faust. Cette dernière espèce semble douteuse et serait peut être à rapporter au genre *Linstowiella* Szidat comme Wisniewski [1] en émet l'hypothèse.

La disposition de l'ovaire et des testicules chez le parasite obtenu dans mes expériences est différente de celle qui existe chez *C. prussica*, mais rappelle celle signalée chez *C. fraterna* et *C. orientalis*. Ce parasite se distingue de *C. fraterna* par sa forme, sa taille, les dimensions des ventouses, la taille des œufs et de *C. orientalis* par sa forme, sa taille, les dimensions du pharynx, la taille respective des testicules. Je propose de donner à ce Trématode le nom de *Cyathocothyle Gravieri*. Une description détaillée et un dessin de cette espèce qui me semble nouvelle seront donnés ultérieurement.

Le cycle évolutif des Trématodes du genre *Cyathocotyle* est très mal connu. Jusqu'à présent, seul Faust [2] a signalé qu'en faisant absorber à des canards des *Tetracotyles orientalis* trouvés dans *Vivipara lapillorum* il a obtenu un adulte qu'il a appelé *C. orientalis*. A ma connaissance, c'est la

---

(1) WISNIEWSKI, *Bull. Ac. Pol. Sc.*, Série B, Sc. nat., 1934, p. 269-286.
(2) E. C. FAUST, *Journ. Parasitology*, Urbana, 8, 1921, p. 78-85, pl. IX et X.

première fois que l'on réalise expérimentalement le cycle évolutif complet d'un *Cyathocotyle*.

Le cycle évolutif de *C. Gravieri* n. sp. peut se résumer ainsi : L'œuf pondu dans l'eau, donne un miracidium pourvu de deux taches oculaires qui, après pénétration dans une *Bithynia tentaculata* L., forme des sporocytes, puis des cercaires sans ventouse ventrale, à queue bifurquée dépourvue de membrane ondulante. Les cercaires mûres sortent du Mollusque et vont former des kystes dans les Poissons tels que Vairons et Goujons. Absorbés par un Oiseau tel que le canard, ces kystes évoluent en *Cyathocotyle Gravieri* adultes qui pondent au bout de 3 jours et demi et le cycle recommence.

ZOOLOGIE. — *Un nouveau stade du développement des Éponges calcaires.* Note (1) de M. **Octave Duboscq** et Mlle **Odette Tuzet**, présentée par M. Maurice Caullery.

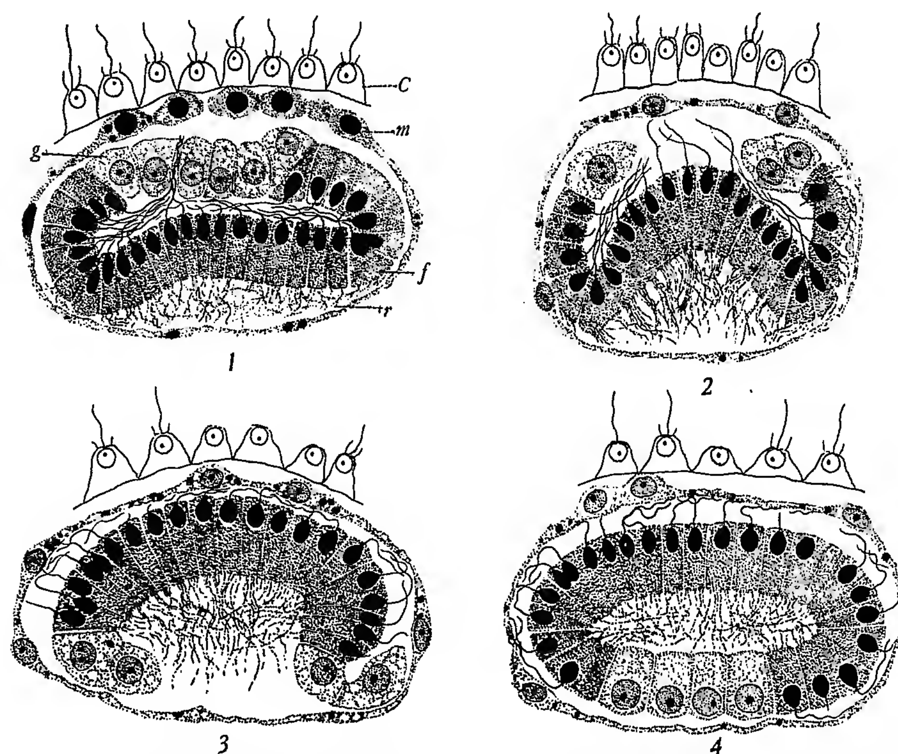
Les premiers stades du développement des Éponges calcaires hétérocœles paraissaient bien connus jusqu'à l'amphiblastula, depuis les recherches de Metschnikoff (1874) (2) et de Schulze (1875) (3). Nous avons déjà montré (1933) (4) qu'on n'avait pas vu les flagelles internes de la jeune blastule, mais, ce fait étant acquis, comment de ce stade à flagelles internes passer à l'amphiblastule à flagelles externes.

Les jeunes larves de *Grantia* ou de *Sycon* ont, comme on le sait, une orientation précise par rapport aux choanocytes des tubes radiaires. La jeune blastule (*fig.* 1) a toujours ses cellules granuleuses (cellules dermiques) au-dessous des choanocytes, dont seule la membrane placentaire (*m*, *fig.* 1) les sépare; dans l'amphiblastule, au contraire (*fig.* 4), ce sont les cellules flagellées qui se trouvent au-dessous des choanocytes, les cellules granuleuses étant à la face opposée. Schulze expliquait leur nouvelle situation par une rotation de la larve et cette façon de voir est devenue classique. Mais cette interprétation n'explique pas la nouvelle situation des flagelles, devenus externes. Assurément on pourrait supposer que les flagelles internes tombent et que, à la suite de nouvelles divisions

---

(1) Séance du 13 mai 1935.
(2) *Zeit. f. wiss. Zool.*, **24**, 1874, p. 1.
(3) *Zeit. f. wiss. Zool.*, **25**, Suppl. 3, 1875, p. 248.
(4) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 561.

cellulaires, les centroblépharoplastes changent de pôle. Il n'en n'est rien. La formation de l'amphiblastule définitive est due à un processus inattendu, encore inconnu dans l'embryologie des Métazoaires. Les flagelles restent attachés pendant tout le développement au même pôle cellulaire et les cellules flagellées viendront se placer sous les choanocytes, à la suite d'un



Stades successifs de la blastule de *Grantia compressa pennigera* HAECKEL. *C* choanocyte du tube radiaire; *m* membrane placentaire; *g* cellule granuleuse; *f* cellule flagellée; *r* filaments basaux ou radiculaires (Champy H. F.)

démasquage, dû à l'écartement de la couche des cellules granuleuses, qui s'ouvre comme un diaphragme.

Nous savons que, dès le début, au centre des cellules granuleuses, existe un pore, par où peut sortir l'extrémité des flagelles internes (*fig.* 1). Cet orifice s'ouvre largement (*fig.* 2) et, en s'accroissant, fait de la blastule un seul plan de cellules où, pendant quelque temps, les deux faces sont externes. Une coupe sagittale ne montre alors qu'une ou deux cellules granuleuses à chaque bout des cellules flagellées (*fig.* 2, 3), ce qui est facile à comprendre quand on se rappelle le nombre peu élevé de ces

cellules. Bientôt, la larve se bombe en dôme, les cellules flagellées viennent s'appliquer sous les choanocytes, tandis que les cellules granuleuses se rebroussent en dessous d'elles (*fig.* 3), pour constituer peu à peu l'amphiblastule à pôle dermique postérieur (*fig.* 4). Ce rebroussement ne se fait pas très régulièrement et il peut être déjà complet sur un côté quand il n'est pas effectué de l'autre (*fig.* 3). Il y a d'ailleurs quelques petites variantes dans le processus, le pouvoir amœboïde des cellules granuleuses jouant un rôle dans leur déplacement.

Nous ne pouvons que mentionner ici une structure que nous avons figurée, la présence de filaments partant de la base des cellules flagellées (*r*, *fig.* 1). Ils sont présents dès le stade à flagelles internes et ils forment un plexus à l'intérieur de l'amphiblastule (*fig.* 4). Les cellules en croix, que nous interprétons comme sensorielles, les montrent aussi bien que les cellules flagellées. Nous sommes portés à croire qu'ils jouent un rôle dans la transmission des irritations cellulaires. On sait que les larves d'Éponges sont sensibles à la lumière.

Le stade de démasquage que nous venons de décrire détermine une inversion des surfaces, qui est tout autre chose que l'inversion des feuillets. La gastrulation, qui se fera plus tard chez l'amphiblastule libre, ramènera la surface flagellée à l'intérieur de la larve, comme elle s'y trouvait d'abord. Il y a là un ensemble de faits qui rendent toujours très particulier le développement des Éponges, mais d'une tout autre façon qu'on l'avait admis jusqu'ici.

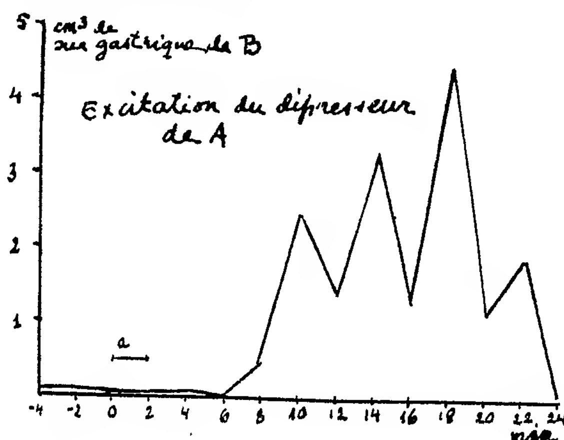
PHYSIOLOGIE. — *Intervention d'une transmission humorale dans la vasodilatation dite antidromique. Arguments en faveur de l'existence de nerfs histaminergiques.* Note (1) de M. **Georges Ungar** et Mlle **Marie-Rose Zerling**, présentée par M. Louis Lapicque.

Les expériences de Stricker et celles de Bayliss ont montré que l'excitation du bout périphérique des racines postérieures déterminait une vasodilatation dans le territoire correspondant.

Ces fibres vasodilatatrices ont été rangés par Dale (2) dans le système cholinergique, bien que leur excitation soit pleinement efficace chez l'animal

(1) Séance du 13 mai 1935.
(2) *Lancet*, 216, 1929, p. 1285.

atropinisé. Il n'existe d'ailleurs aucune preuve en faveur du fonctionnement cholinergique de ces nerfs; nous avons cherché si leur excitation ne s'accompagnait pas de la libération d'une substance histaminique. Ayant mis au point une méthode basée sur l'action stimulante élective de l'histamine sur la sécrétion gastrique de l'animal atropinisé, nous avons pu constater que l'excitation du bout périphérique de la branche sensitive du nerf crural déterminait toujours une augmentation considérable de la sécrétion gastrique au bout de 8 à 10 minutes. Nous avons cru pouvoir en conclure à la libération des substances histaminiques (1). Avec J. Tinel, nous avons mis en



évidence cette libération dans d'autres circonstances (effet de la chaleur, injections intravasculaires irritantes, états de choc, etc.), s'accompagnant toujours de vasodilatation. Nous avons pu montrer aussi que la libération de l'histamine se produisait par l'intermédiaire d'éléments nerveux dégénérant par la section des nerfs sensitifs. Après leur dégénérescence, l'histamine ne se trouve plus libérée par les stimuli habituels (2).

Dans les expériences qui font l'objet de la présente Note, nous avons recherché si la mise en jeu réflexe les nerfs vasodilatateurs antidromiques pouvait mettre en liberté de l'histamine. Les travaux de Bayliss (3), de Bacq, Brouha et C. Heymans (4) et ceux de Tournade et Malméjac (5) ont

(1) G. Ungar, *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 620; G. Ungar, M. R. Zerling et A. Pocoulé, *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 778.

(2) J. Tinel et G. Ungar, *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 1148.

(3) *J. of Phys.*, 37, 1908, p. 264.

(4) *C. R. Soc. Biol.*, 111, 1932, p. 152.

(5) *C. R. Soc. Biol.*, 112, 1933, p. 679.

montré que la vasodilatation périphérique produite par l'excitation des nerfs dépresseurs ou sinocarotidiens se fait en partie par la voie des racines postérieures. Pour éliminer l'action nerveuse réflexe sur la sécrétion gastrique, nous avons anastomosé par leur circulation carotido-jugulaire deux chiens chloralosés et atropinisés (1^{mg} par kilogramme). Nous avons provoqué la vasodilatation réflexe chez le chien A, soit par excitation électrique du bout central du tronc commun vago-sympathico-dépresseur ou du nerf de Hering, soit en créant une hypertension de 25^{cm} de Hg dans un des sinus carotidiens circulatoirement isolés, mais ayant gardé ses connexions nerveuses. La pression artérielle du chien A était anregistrée à l'aide d'un manomètre à mercure au bout central de la carotide et au bout périphérique de la fémorale. Chez le chien B, le suc gastrique a été recueilli par une fistule. Nous avons constaté dans toutes nos expériences que l'excitation directe ou indirecte du nerf dépresseur ou celle du nerf du sinus carotidien de A pendant 2 minutes déterminait, en plus d'une hypotension artérielle générale et périphérique immédiate chez A, une augmentation de la sécrétion gastrique de B au bout de 8 à 12 minutes (voir courbe).

Nous croyons ainsi avoir apporté quelques preuves en faveur de l'existence d'une transmission neurohumorale histaminique, intervenant dans les phénomènes connus sous le nom de vasodilatation antidromique et de réflexe d'axone. Ces preuves sont : la libération d'histamine par excitation du bout périphérique des nerfs sensitifs, l'absence de cette libération lorsque ces nerfs sont dégénérés et enfin l'intervention de l'histamine dans la vasodilatation par réflexe dépresseur ou sinocarotidien. Ce dernier fait montre que l'histamine peut constituer un agent de transmission physiologique.

Nous nous croyons donc autorisés à admettre, à côté des systèmes adrénergique et cholinergique, un troisième système, celui des nerfs histaminergiques.

EMBRYOGÉNIE GÉNÉRALE. — *Sur l'équivalence des tissus somatiques dans les gonades du Poulet.* Note de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Une asymétrie curieuse s'observe pendant la formation des ébauches gonadiques chez le Poulet. Non seulement les cellules germinales sont plus nombreuses dans les ébauches gauches, mais les tissus somatiques des

futures gonades prolifèrent plus vigoureusement à gauche qu'à droite. Cependant, dans le sexe mâle, après la régression de l'épithélium gonadique, les deux testicules atteignent bientôt un développement à peu de chose près égal. Par contre, dans le sexe femelle, l'asymétrie primaire entre ébauches gonadiques droite et gauche s'accentue. Il en résulte ici la formation, à gauche, d'un ovaire fonctionnel, constitué d'un *cortex* et d'une *partie médullaire*, et, à droite, d'un *rudiment gonadique à structure médullaire*. Ce rudiment persiste chez l'adulte et ses potentialités sont singulièrement opposées à la constitution génétique de ses cellules germinales; car, après l'élimination de l'ovaire gauche ou la destruction de son cortex, ce rudiment se transforme en testicule.

Dans l'analyse de cette métaplasie gonadique, il importe de connaître les facteurs qui causent et maintiennent l'asymétrie des ébauches. La constitution des cellules germinales étant la même dans les ébauches gonadiques droite et gauche, elle ne peut guère en être la cause; pas d'avantage la répartition inégale des cellules germinales entre les deux ébauches; car un nombre restreint de cellules germinales suffit déjà pour maintenir un état hypertrophié de l'épithélium gonadique et conditionner plus tard des proliférations.

Les facteurs responsables des allures différentes que manifeste l'épithélium gonadique dans le sexe mâle et femelle, sont associés à la constitution génétique spéciale des cellules germinales. *Dans le sexe mâle*, une affinité existe entre cellules germinales et cordons médullaires des ébauches; et les cellules germinales se déplacent vers la profondeur de l'organe, à la suite d'un tropisme positif, commandé par leur constitution génétique. De ce fait, l'épithélium gonadique des ébauches testiculaires est graduellement dépeuplé et s'atrophie finalement; mais ce tropisme spécial fait défaut *dans le sexe femelle*. La cellule germinale, dans ce sexe, possède, au contraire, grâce à sa constitution génétique, une affinité prononcée vers l'épithélium cœlomique et contracte, en effet, des corrélations intimes avec lui dans l'*ébauche gauche*. Il doit exister *à droite un facteur plus fort que cette affinité*, afin qu'une émigration des cellules germinales et une atrophie de l'épithélium gonadique y puisse avoir lieu.

Dans un embryon femelle, l'épithélium gonadique prolifère et forme *un cortex à gauche*, alors qu'*à droite il s'atrophie*. La cause d'un comportement aussi différent peut être associée : 1° à une constitution différentielle de l'épithélium cœlomique dans les bandelettes gonadiques gauche et droite; ou bien 2° à des conditions tissulaires dans lesquelles l'épithélium cœlo-

mique des ébauches gonadiques poursuit son évolution. Ces conditions spéciales et différentes à gauche et à droite pourraient maintenir, à gauche, un état hypertrophié et y favoriser la différenciation d'un cortex, alors qu'à droite, elles inhiberaient les processus prolifératifs, sans que l'épithélium cœlomique lui-même dût nécessairement présenter des différences de constitution.

Dans le développement typique du Poulet, les tissus somatiques prolifèrent dans les régions gonadiques consécutivement à l'apparition des cellules germinales. Si ces tissus, privés d'éléments germinaux, réalisaient néanmoins dans les deux ébauches un développement différent, l'existence d'une spécification propre des tissus à gauche et à droite paraîtrait vraisemblable. Si, par contre, dans un embryon précocement stérilisé, l'épithélium gonadique se montrait identique des deux côtés, la cause de son comportement différent, dans les deux ébauches ovariques d'un embryon normal, serait à rechercher plutôt dans des conditions extrinsèques à la constitution de cet épithélium.

Une dissociation des tissus somatiques d'avec les éléments germinaux dans les ébauches gonadiques est réalisée par l'élimination des cellules germinales, à l'aide des rayons X. Dans de tels embryons précocement stériles, l'épithélium cœlomique des régions où auraient dû se développer les gonades, se présente, en effet, parfaitement *identique* des deux côtés. Jusqu'au cinquième jour d'incubation, il est formé d'une rangée de cellules cylindriques, ensuite il dégage des îlots de cellules adréno-corticales et se transforme consécutivement en une mince membrane à cellules aplaties.

Effectives à la suite de l'apparition des cellules germinales et absentes en leur absence, les contributions de l'épithélium cœlomique *à la constitution des gonades* sont des *processus conditionnés*. Or, l'état inerte dans lequel se trouve l'épithélium gonadique dans l'ébauche ovarique droite (et très probablement dans les deux testicules) ne peut guère être interprété comme un argument en faveur de leurs potentialités défectueuses (à la suite de ségrégation inégale des tissus), du moment que l'épithélium gonadique gauche, lui aussi, peut se présenter sous la forme d'une mince membrane à cellules aplaties. *L'épithélium gonadique est au repos* chaque fois que les corrélations avec les cellules germinales manquent à s'établir : *dans le sexe mâle*, à la suite des tropismes électifs qui déplacent les cellules germinales dans la profondeur des ébauches; *dans le sexe femelle, à gauche*, après stérilisation précoce et complète de l'embryon; *à droite*, à la suite de facteurs extrinsèques qui, dans le développement typique, inhibent les corrélations

germino-cœlomiques (tels : l'asymétrie dans la position de l'embryon, dans la disposition des lames splanchniques, dans la formation de gros troncs vasculaires, etc.).

L'équivalence des tissus somatiques des gonades, plus particulièrement de l'épithélium gonadique, ressort, en outre, avec beaucoup de force des observations sur les inversions spontanées (Brode) et expérimentales (Dantchakoff), où l'ébauche gonadique droite développait un cortex et la gauche se transformait en un organe rudimentaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la nature de l'uréase; moyen d'en aborder l'étude à l'aide de l'ultrafiltration fractionnée.* Note de MM. **Pierre Grabar** et **André Riegert**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Certains auteurs identifient l'uréase à la globuline cristallisée, qui a été obtenue par Sumner (1) en partant de la farine de graines de *Canavallia ensiformis*, d'autres prétendent que cette globuline n'est que le support protéidique de cette diastase. Nous avons, à notre tour, entrepris une série de recherches (2) sur cette importante question qui touche à la nature même des diastases en utilisant un nouveau moyen d'étude, déjà mis en œuvre par l'un de nous : l'ultrafiltration fractionnée (3).

Ces recherches ont été conduites sur deux plans différents. Nous avons essayé, d'une part, de voir si l'activité de l'uréase est liée à des particules de dimensions identiques, quel que soit le mode de préparation ou la provenance de l'uréase; nous avons effectué d'autre part, des digestions protéidolytiques de ces différentes préparations d'uréase, en particulier de l'uréase cristallisée de Sumner, dans le but d'obtenir des substances douées d'activité uréasique, mais de dimensions moléculaires plus petites que l'uréase primitive.

Voici le bref résumé de nos expériences :

1° Nous avons soumis à l'ultrafiltration fractionnée des solutions très actives d'uréase. Les résultats de nos essais faits sur quatre préparations différentes (4), et notamment sur de l'uréase cristallisée d'après Sumner, sont résumés ci-après :

(1) *Journ. biol. Chem.*, 69, 1926, p. 435.

(2) Les détails seront publiés dans un autre Recueil.

(3) P. Grabar, *C. R. Soc. Biol.*, **116**, 1934, p. 67.

(4) Le mode opératoire et les résultats obtenus avec l'une des préparations (uréase Squibb) ont été décrits : P. Grabar et A. Riegert, *C. R. Soc. Biol.*, **117**, 1934, p. 712.

Préparation.	Diamètre moyen des pores (en mμ) des membranes laissant passer la totalité de l'uréase.	ne laissant pas passer l'uréase.
1. Uréase commerciale « Squibb »	450	20
2. Uréase préparée d'après Van Slyke et Cullen à partir de farine de *Soja hispida*	200	30
3. Uréase préparée comme la précédente, mais en partant de farine de *Canavallia ensiformis*	450	200
4. Uréase cristallisée, préparée d'après Sumner	100	20

A titre de comparaison, disons que la sérumalbumine traverse entièrement une membrane de 30 mμ et est retenue par une membrane de 9 mμ, tandis que, pour les sérumglobulines, ces limites sont respectivement : 100 mμ et 15 mμ.

II. Les diverses préparations d'uréase qui nous avaient servi dans les expériences mentionnées ci-dessus ont été alors soumises à l'action de ferments protéidolytiques; nous nous sommes adressés en particulier à la tryptase activée, obtenue à partir du suc pancréatique de chien ou a des préparations commerciales de pancréatine. Ayant vérifié par ailleurs, après Zakowski (1), que les solutions d'uréase se conservent moins bien en présence de phosphates qu'en milieu non phosphaté, nous avons effectué les digestions tryptiques de nos préparations a un pH voisin de 7 (et à une température de 37°) sans utiliser ces sels.

Nous avons constaté que, dans ces conditions, et en présence de tryptase activée (2), les protéides sont dégradés (3) et que l'activité de l'uréase diminue en même temps assez rapidement (4).

Après avoir laissé se poursuivre la digestion de l'uréase pendant un temps suffisant pour produire une dégradation partielle des protéides, sans toutefois atteindre la destruction totale de l'activité de l'uréase, nous avons soumis ces mélanges à l'ultrafiltration : les membranes qui retenaient l'uréase avant l'action de la tryptase n'ont jamais laissé passer de substances actives après la digestion, la substance active était retenue par ces membranes comme auparavant.

L'ensemble de nos recherches montre que : *a*, l'activité de l'uréase est intimement liée à des molécules très volumineuses de nature protéidique;

---

(1) J. Zakowski, *Biochem. Zeitsch.*, 229, 1930, p. 41.

(2) En présence de tryptase inactivée par l'ébullition, l'activité de l'uréase diminue mais cette inactivation est beaucoup plus lente que celle provoquée par la tryptase active.

(3) Diminution progressive de substances précipitables par l'acide sulfosalicylique.

(4) Ces résultats sont en contradiction (du moins dans les conditions où nous nous sommes placés) avec ceux publiés par E. Waldschmidt-Leitz et F. Steigerwaldt, *Zeitsch. physiol. Chem.*, 206, 1932, p. 133, mais confirment ceux de H. Tauber, *Journ. biol. Chem.*, 87, 1930, p. 625, et ceux de Zakowski, *loc. cit.*

b, suivant le mode de préparation ou suivant la provenance des échantillons d'uréase, les particules sont, soit de dimensions différentes, soit à un état d'agrégation différent, soit même à un état polydisperse dans la solution; *c*, l'uréase cristallisée de Sumner, en solution aqueuse, est la plus homogène des préparations que nous ayons étudiées, l'uréase y affecte des dimensions voisines de celles des globulines du sérum; *d*, la tryptase, tout en dégradant la globuline de l'uréase cristallisée, diminue progressivement l'activité uréasique jusqu'à la faire disparaître complètement; *e*, les molécules plus petites, qui résultent de la dégradation de l'uréase cristallisée par la tryptase, sont dénuées de toute activité uréasique.

BIOLOGIE DES SOLS. — *Essais comparatifs de dosage du phosphore et du potassium contenus dans un sol arable au moyen de la méthode chimique de Hilgard, de la méthode biologique de Neubauer et de celle de Niklas à l'aide du* Sterigmatocystis nigra. Note (1) de MM. **Auguste** et **René Sartory, Jacques Meyer** et **Frédéric Arnold.**

Dans une publication antérieure, nous avons étudié les conditions préliminaires nécessaires pour examiner l'influence du phosphore et du potassium contenus dans les milieux de culture sur le développement du *Sterigmatocystis nigra*.

Nous avons ainsi pu démontrer que la concentration en ions H, la concentration en hydrates de carbone et celle en azote sont en rapport direct avec l'absorption du phosphore et du potassium contenus dans le milieu nutritif.

D'autre part on a pu constater qu'une méthode pratique pour l'analyse de la fertilité d'un sol exige une concentration du milieu de dilution telle que les substances nutritives du sol à analyser, autres que le phosphore et le potassium, n'influencent pas sensiblement la récolte du *Sterigmatocystis nigra*.

Ayant ainsi vérifié la possibilité de dosage du potassium et du phosphore, par l'intermédiaire du *Sterigmatocystis nigra*, dans des milieux synthétiques donnés, nous avons effectué des analyses sur différents prélèvements de terres arables.

Ces sols ont été examinés tout d'abord au moyen des méthodes chimiques d'épuisement préalable par l'acide chlorhydrique selon la technique de

(1) Séance du 6 mai 1935.

Hilgard (¹) pour déterminer leur teneur en phosphore et potassium. Le dosage du phosphore a été effectué dans le liquide d'extraction par la méthode de Lecompte; en ce qui concerne le potassium nous avons eu recours à la technique de Stein (²) utilisant l'acide perchlorique.

Afin d'avoir un test quantitatif biologique les mêmes sols ont été soumis à l'examen par les méthodes de Neubauer et Schneider (³).

Dans le tableau qui suit nous comparons les résultats que nous avons obtenus au moyen de ces deux méthode avec ceux fournis par la technique de Niklas à l'aide du *Sterigmatocystis nigra*. Le liquide nutritif de dilution employé par nous pour émulsionner le sol a été le milieu acide de Raulin modifié selon nos indications antérieures.

Sol. n°.	P^2O^5 total dans 100g de terre (en milligr.).	K^2O total dans 100g de terre (en milligr.).	P^2O^5 dans 100g de terre (Neubauer) (en milligr.).	K^2O dans 100g de terre (Neubauer) (en milligr.).	Poids en grammes de la récolte de *Ster. nigra* pour 2g,5 de terre et 4 cultures de contrôle.
1...	68	46	4,2	10,74	Traces
2...	106	80	13,8	26,38	1,53
3...	139	92	19,2	45,62	2,58
4...	112	85	12,6	45,50	1,76
5...	76	53	4,8	18,26	0,78

Chaque méthode permet donc de différencier les sols maigres des terres suffisamment riches en fumure; il y a cependant discordance entre les résultats de la méthode de Neubauer et ceux de la technique de Niklas pour les sols nᵒˢ 3 et 4. Les deux prélèvements fournissent des valeurs de Neubauer sensiblement analogues, tandis que les récoltes en *Sterigmatocystis* diffèrent suivant un rapport de 0,7.

Pour étudier les causes de ces faits nous avons entrepris une nouvelle série d'analyses avec les mêmes terres mais en y ajoutant un liquide nutritif de dilution contenant 0,0215 pour 100 de P^2O^5 et 0,0021 pour 100 de K^2O. D'autre part nous avons introduit dans notre liquide de dilution des doses croissantes de terres. Nous résumons les résultats de ces expériences dans le tableau ci-après :

(¹) *Soc. agr.*, Paris, 8, 1892, p. 2-92, 149-395, 465.

(²) *Z. angew. Chem.*, A., 42, 1929, p. 179.

(³) *Z. Pflanzen Dürg. und Bodenk.* (*A. Z.*), 25, 1923, p. 329.

Sols nos.	Poids de la récolte de *Sterigmatocystis nigra* en grammes pour 4 cultures de contrôle âgées de 5 jours.		Poids de la récolte de *Sterigmatocystis nigra* en grammes en tenant compte de l'influence du P^2O^5 et du K^2O contenus dans les doses croissantes de sols.				
	P^2O^5.	K^2O.	1g.	2g.	2g,5.	5g.	10g.
1..............	2,43	–	–	–	traces	0,89	1,07
2..............	2,68	1,79	0,94	1,03	1,45	–	1,94
3..............	4,15	2,72	1,45	–	2,36	3,15	3,74
4..............	2,96	1,95	0,92	1,56	1,66	–	2,32
5..............	2,62	–	0,72	–	0,79	0,99	2,10

Ces résultats permettent les conclusions suivantes :

Une récolte faible après 5 jours de culture indique une teneur insuffisante du sol en phosphore et en potassium.

Un poids mycélien élevé de *Sterigmatocystis nigra*, après 5 jours de culture, semble prouver que ces deux corps existent dans le sol en proportion satisfaisante et en équilibre physiologique pour permettre l'assimilation parfaite des végétaux.

Les poids de récolte du *Sterigmatocystis nigra* sont sensiblement proportionnels aux quantités du sol introduit dans le milieu; le champignon est donc un test suffisamment sensible pour l'examen des variatious en phosphore en et potassium du sol.

L'influence du phosphore sur le poids de la récolte du *Sterigmatocystis nigra* est plus importante que celle du potassium. La différence constatée entre les résultats donnés par la méthode de Neubauer et ceux provenant de la technique de Niklas est due à la richesse en phosphore du prélèvement.

Le poids de terre à employer pour garantir la bonne marche d'une expérience et pour déterminer la fertilité d'un sol est de 2g,5 pour 30cm³ de liquide nutritif de dilution, tel que Niklas et son école l'ont indiqué.

Cette méthode s'adresse surtout à la proportion de sels de phosphore et de potassium facilement soluble et absorbable par les plantes, alors que la méthode de Neubauer englobe la totalité des sels nutritifs disponibles dans le sol pour des cultures de longue durée.

La méthode de Niklas est donc très pratique quand on doit déterminer les besoins imminents en fumure d'un sol.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Inoculabilité de certains virus neurotropes (herpès, poliomyélite) par la voie du conduit auditif externe.* Note (¹) de MM. **Constantin Levaditi** et **Jean Vieuchange**, présentée par M. Félix Mesnil.

L'inoculation du virus herpétique au lapin peut être effectuée, soit par voie intra-névraxique (système nerveux central et nerfs périphériques), soit par les voies cornéenne, conjonctivale, nasale, cutanée et buccale. Il nous a semblé intéressant d'étudier la pénétrabilité du germe de l'herpès par la voie du conduit auditif externe, cela d'autant plus qu'en clinique des observations d'herpès du pavillon de l'oreille ou du conduit auditif ont été déjà signalées. Nos expériences ont été réalisées sur le lapin.

Technique. — Dans un premier essai, un *tampon* de coton imbibé d'une émulsion fraîche de virus a été introduit dans la profondeur du conduit. La mise en place de ce tampon risquant de léser le revêtement cutané, nous avons administré le virus par *instillations*, répétées deux ou trois fois. Pour éviter la diffusion de l'émulsion virulente, nous avons, chez quelques animaux, fermé l'oreille par un garot, après chaque instillation. Chez d'autres lapins, nous avons placé un petit tampon de coton cardé à l'entrée du conduit.

Au cours d'un autre essai, le tampon imbibé de virus a été introduit 30 minutes après une friction du conduit avec de l'huile de croton. Dans tous les cas, l'inoculation a été unilatérale. Le virus utilisé a été la souche d'herpès *Bruxelles* du laboratoire. Les animaux ont été tenus en observation jusqu'à l'apparition des phénomènes d'encéphalite herpétique, et examinés, tant du point de vue histologique, que de la virulence du névraxe, aussitôt après la mort.

Expérience I. — Quatre lapins ont été inoculés au moyen, l'un d'un seul tampon, un autre de trois tampons, deux autres d'un tampon, suivi de deux instillations. Trois sont morts ayant présenté des symptômes d'encéphalite entre le 7e et le 15e jour après la première inoculation. L'examen histologique a montré des lésions herpétiques caractéristiques. L'inoculation du cerveau a fourni un résultat positif.

Expérience II. — Cinq lapins ont reçu trois instillations, un sixième, deux seulement. Celui-ci a survécu, tandis que les cinq premiers sont morts ayant présenté des symptômes d'encéphalite entre le 9e et le 16e jour. A l'examen histologique, les cinq

(¹) Séance du 13 mai 1935.

cerveaux présentaient des lésions herpétiques caractéristiques. Pour quatre cerveaux, le passage a pu être fait; trois de ces passages ont été positifs.

Expérience III. — Un lapin a été inoculé au moyen d'un tampon après friction préalable à l'huile de croton. Il est mort le 7ᵉ jour après l'inoculation. L'examen histologique du névraxe s'est montré positif, ainsi que le passage du cerveau.

L'ensemble de ces essais montre qu'*il est possible de conférer l'encéphalite herpétique au lapin, en déposant le virus dans le conduit auditif externe.* Les conditions expérimentales ont été telles que toute contamination par une autre voie que celle-ci est pratiquement exclue.

Cette pénétrabilité du virus de l'herpès par le conduit auditif externe n'appartient pas seulement à ce germe. En effet, dans un essai préliminaire, il nous a été possible *de conférer la poliomyélite au singe en administrant le virus poliomyélitique par la même voie.*

A 15ʰ50ᵐ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16ʰ15ᵐ.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE FÉVRIER 1935. (*Suite et fin.*)

Les écrevisses de France, par MARC ANDRÉ et ÉDOUARD LAMY. Paris, chez les auteurs, 1935; 1 fasc. 25^{cm},5. (Présenté par M. Bouvier.)

Géomètres français du XVIIIe *siècle*, par NIELS NIELSEN. Ouvrage posthume publié par les soins de N. E. Nörlund. Paris, Gauthier-Villars, 1935; 1 vol. 26^{cm}.

Malta. Origini della Civiltà Mediterranea, par LUIGI M. UGOLINI. La Libreria dello Stato, 1934; 1 vol. 29^{cm}5.

L'énigme einsteinienne ou la doctrine d'Einstein à la portée des enfants et de quelques grandes personnes, par RAOUL MOISY. Bordeaux, Éditions R.-E. Moisy, 1934; 1 vol. 22^{cm}.

Nouvelle classification des climats. Application à l'Indochine, par P. CARTON, communication au Conseil de recherches scientifiques de l'Indochine. Hanoï, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1934; 1 fasc. 27^{cm},5.

Gaz de combat. Défense passive. Feu. Sécurité : 1re année, n° 1, janvier 1935. Paris, J. B. Baillière et fils; 1 vol. 26^{cm},5.

Les principes des moteurs thermiques, par JEAN VILLEY. In *Mémorial des Sciences physiques*, fasc. XXVIII. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1935; 1 fasc. 25^{cm}.

Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses. Cinquante-quatrième rapport, 1933, rédigé par PAUL-LOUIS MERCANTON. Extrait de la revue *Les Alpes*, n° 5, 1934. Berne, Stœmpfli et Cie; 1 fasc. 25^{cm},5. (Présenté par M. J. Charcot.)

La mission dano-suisse de l'année polaire au Snaefellsjoekull, par P. L. MERCANTON. Compte rendu de Séances de la Société suisse de G. M. A. Session de 1933. In *Archives des Sciences physiques et naturelles* (5e période, vol. 16). Paris, H. Le Soudier, 1934; 1 fasc. 23^{cm}. (Présenté par M. J. Charcot.)

Œuvres complètes de Christiaan Huygens, publiées par la SOCIÉTÉ HOLLANDAISE DES SCIENCES. Tome dix-huitième. *L'Horloge à pendule ou à balancier de* 1666 *à* 1695. *Anecdota*. La Haye, Martinus Nijhoff, 1934; 1 vol. 29^{cm}.

Carte géologique de la France à l'échelle du 1/50000e. Service de la Carte géologique d'Alsace et de Lorraine. Ferrette, Altkirch (XXXVII-21). 1 planche 65^{cm},5×80^{cm}.

Myriapodes Diplopodes (*Chilognathes*, I), par H. W. BROLEMANN. In *Faune de France*, vol. 29. Paris, Paul Lechevalier, 1935; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. L. Bouvier.)

Les Mammifères de France, par ROBERT DIDIER et PAUL RODE. In *Archives d'histoire naturelle*, t. 10. Paris, Société nationale d'acclimatation de France, 1935; 1 vol. 25^{cm},5. (Présenté par M. L. Bouvier.)

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MARS 1935.

Étude sur l'évolution des méthodes modernes d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre, par N. SALTYKOW. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 fasc. 25cm,5.

Gravitation, lumière et électromagnétisme (Synthèse physique), par ÉMILE SEVIN. Paris, Dunod, 1934; 1 vol. 24cm,5.

Alimentation en eau des villes. Évacuation des eaux usées et des eaux résiduaires. Livre I : *Épuration des eaux et assainissement des cours d'eau*, par M. DIÉNERT. Paris, Librairie de l'Enseignement technique Léon Eyrolles, 1934; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. Bertrand.)

Seismische Feldarbeiten in Dänemark. Durchgeführt vom Geodätischen Institut in den Jahren, 1932-1933. I. Teil : Herausgegeben von N. E. NÖRLUND. Bearbeitet von B. BROCKAMP. In *Institut Géodésique de Danemark*. Mémoires, 3e Partie, tome II. Copenhague, Imprimerie Bianco Luno A/s, 1934; 1 vol. 27cm,5.

Problèmes et exercices d'électricité générale, par P. JANET. Paris, Gauthier-Villars, 1935; 1 vol. 23cm.

Résistance des matériaux. Analytique. Graphique, par BERTRAND DE FONTVIOLANT. Tome I : *Théories générales. Poutres droites isostatiques et hyperstatiques.* Tome II *Systèmes en treillis. Arcs isostatiques et hyperstatiques. Portiques à une travée et portiques continus.* Tome III : *Systèmes à trois dimensions. Ouvrages en maçonnerie et en béton armé.* Paris, J.-B. Baillière et fils, 1935; 3 vol. 23cm,5.

Théorie du circuit électrique de Heaviside. Applications aux filtres électriques, aux câbles sous-marins, aux lignes de transmission d'énergie et aux lignes artificielles, par LOUIS COHEN. Paris, Librairie de l'Enseignement technique Léon Eyrolles, 1935; 1 vol. 25cm.

Les travaux et le rôle scientifique international du Laboratoire central d'Électricité, par PAUL JANET. Extrait du *Bulletin de la Société française des Électriciens* (juillet 1934). Paris, Gauthier-Villars, 1934; 1 fasc. 27cm.

Les lacs des Pyrénées françaises, par LUDOVIC GAURIER. Paris, Henri Didier, 1934; 1 vol. 24cm,5.

Les grottes paléolithiques des Beni-Segoual (Algérie), par C. ARAMBOURG, M. BOULE, H. VALLOIS, R. VERNEAU. In *Archives de l'Institut de Paléontologie humaine*. Paris, Masson et Cie, 1934; 1 vol. 28cm,5.

Radioactivité artificielle. Pluie artificielle (La pluie au Sahara), par STÉPHANIE MARACINEANU. Bucuresti, Editurà Analelor. Romane, 1934; 1 fasc. 23cm.

Institut belge de recherches radioscientifiques.

— Vol. II : *Acoustique des salles*, par F. H. VAN DEN DUNGEN;

— Vol. III : *Étude thermodynamique de la tension superficielle*, par RAYMOND DEFAY. Paris, Gauthier-Villars, 1934; 2 vol. 24cm,5.

Étude relative au contact des roues sur le rail, par ROBERT LÉVI. Extrait de la *Revue générale des chemins de fer*, février 1935. Paris, Dunod; 1 fasc. 30cm,5 (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

A Infância da Academia (1788-1794). Visita aos Arquivos do Reino : Correspon-

dência a tal respeito de João Pedro Ribeiro, santa Rosa de Viterbo, par António Baião. Lisboa, 1934; 1 vol. 23^{cm}.

La menace des insectes, par L. O. Howard. Traduit par L. Berland. Paris, Flammarion, 1935; 1 vol. 19^{cm},5.

Les prix Nobel, en 1933. Stockholm. Imprimerie royale P. A. Norstedt et Söner, 1935; 1 vol. 25^{cm}.

Erreurs de Mathématiciens des origines à nos jours, par Maurice Lecat. Louvain et Bruxelles, ancienne librairie Castaigne, 1935; 1 vol. 25^{cm},5.

ERRATA.

(Séance du 13 mai 1935.)

Note de M. *A. Lacroix*, Sur les météorites pierreuses tombées dans l'Aïr :

Page 1641, ligne 13 (en remontant), *au lieu de* Aguennar, *lire* Aguellal.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 MAI 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce en ces termes la mort de M. *Hugo de Vries*, Correspondant de l'Académie :

Nous avons le regret d'apprendre la mort du célèbre professeur hollandais **Hugo de Vries**, né à Haarlem en 1848, qui était Correspondant de notre Académie depuis 1913.

Ce savant s'est fait principalement connaître au début de sa carrière scientifique par des travaux relatifs au géotropisme, à l'héliotropisme, aux phénomènes d'épinastie et d'enroulement des vrilles.

Mais ses qualités de physiologiste allaient se manisfester avec tout leur éclat dans l'étude de la vie cellulaire des plantes. Hugo de Vries avec ses recherches sur le rôle du protoplasma et de la membrane dans la turgescence des cellules, par ses expériences sur les conditions de la plasmolyse, sur la pression osmotique, sur les relations de cette dernière avec les différentes substances dissoutes dans le suc cellulaire, substances dont il détermina les coefficients isotoniques, prépara le terrain aux conceptions de Van'Hoff sur l'osmose.

A partir de 1889, l'activité de Hugo de Vries s'oriente dans une autre direction. Dans son ouvrage sur la Pangénèse intracellulaire il interprète, autrement que ne l'avait fait Darwin, le mode d'action des pangénes dans la question de l'hérédité; pour Darwin il s'agissait de particules vivantes ou gemmules pouvant circuler d'un organe à l'autre pour lui imprimer sa forme et ses fonctions; pour de Vries les pangénes sont localisés dans

chaque cellule et leur action s'exerce en hérédité par une circulation entre le noyau et les autres parties de la cellule.

Quittant le domaine exclusif des hypothèses, Hugo de Vries effectue ses mémorables expériences sur les *Œnothera* qui lui permettent de formuler sa théorie bien connue des mutations.

D'après ce savant les espèces auraient évolué non du fait de la sélection naturelle résultant de la lutte pour la vie, comme dans la théorie de Darwin, non par suite uniquement d'une adaptation au milieu comme dans la théorie de Lamarck, mais par changements brusques ou *mutations* donnant lieu à la création de nouvelles espèces.

La théorie des mutations a soulevé de nombreuses objections : elle a rencontré également des défenseurs convaincus : pour se rendre compte de son importance en évolution, il suffit de considérer l'extension de plus en plus grande des travaux relatifs à la Génétique et les résultats obtenus dans cette partie de la science, en s'appuyant sur l'existence de gènes ou facteurs de l'évolution et de l'hérédité, facteurs que l'on suppose, non sans raison, localisés dans les chromosomes du noyau.

Parlant de sa théorie des mutations, de Vries s'exprime ainsi (¹) : « La notion de période de mutation produisant de temps en temps des essaims d'espèces dont un petit nombre seulement a des chances de survivre est une théorie qui promet de fournir un point de départ pour des schémas généalogiques et spéculatifs aussi bien que pour des recherches expérimentales sur la nature du monde organisé. » Le temps sur tous ces points lui a donné raison.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Inverseur optique.*
Note (²) de M. **Armand de Gramont.**

On sait qu'un prisme de Wollaston donne d'un objet considéré une image virtuelle symétrique de cet objet par rapport au plan de la surface réfléchissante. Il en résulte que l'orientation de l'image peut être déterminée par l'orientation du prisme lui-même, l'image tournant d'un angle double de celui dont a tourné le prisme.

M. Louis Lumière a récemment signalé les inconvénients du Wollaston

---

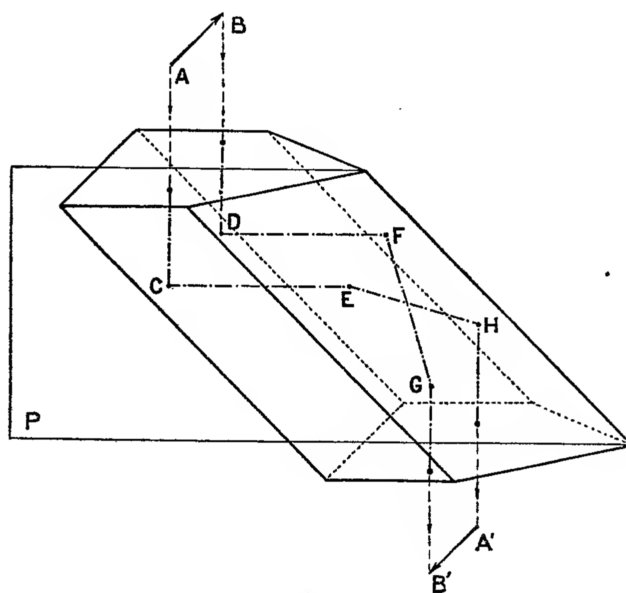
(¹) H. de Vries, *Espèces et variétés*. Traduction Blaringhem, p. 456.

(²) Séance du 20 mai 1935.

et montré l'avantage qu'il y avait à le remplacer par un inverseur optique constitué par un prisme pentagonal accolé à un prisme à 45° (1).

Le même résultat peut être obtenu au moyen d'un dispositif qui met en jeu une réflexion totale et la double réflexion d'un prisme en toit.

On voit sur la figure que les rayons issus des points A et B après une réflexion totale en C et D sur une surface inclinée à 45°, se réfléchissent en EH et FG sur les deux plans du prisme en toit; les rayons émergents HA′



et GB′ sont symétriques de AC et de BD par rapport au plan P bissecteur du prisme en toit.

Le plan P joue ici le même rôle que la surface réfléchissante du prisme de Wollaston : si l'on fait tourner le prisme autour d'une direction parallèle au faisceau incident, l'image A′B′ tourne d'un angle double, tout en restant toujours symétrique de la première par rapport au plan P.

Le chemin parcouru par un faisceau lumineux dans une telle combinaison est plus court que dans l'inverseur comportant un prisme pentagonal : le rapport dans les deux cas est d'environ 0,6.

Il est à noter que dans le prisme en toit l'incidence est telle qu'il y a

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 281.

réflexion totale sur les deux faces; en conséquence, aucune face n'est argentée.

Ce prisme a été utilisé par M. Louis Lumière et a pu remplacer l'inverseur à pentagonal dans certaines applications.

HYDRAULIQUE. — *Contribution à l'étude des veines liquides; solutions multiples; opérations non commutatives. Expériences effectuées sur des modèles réduits et au barrage de Vives-Eaux sur la Seine.* Note (1) de MM. **Charles Camichel, Jean Parmentier** et **Léopold Escande.**

Dans cette Note, nous résumons les résultats que nous avons obtenus en poursuivant nos travaux sur les veines liquides (2) en les étendant aux modèles affouillables et à un grand barrage, celui de Vives-Eaux sur la Seine, qui convient tout particulièrement à ce genre d'expériences. Pour abréger, nous n'envisagerons qu'un nombre très restreint de cas en précisant avec soin les conditions qui y sont réalisées.

1° *Cas d'une seule veine dans un ouvrage à fond fixe; attraction des rives; existence de deux solutions; état final dépendant des opérations intermédiaires; axe hydraulique.* — Nous avons constaté les phénomènes suivants sur le barrage de Vives-Eaux et sur son modèle réduit à l'échelle 1/25 : en pratiquant une ouverture unique par l'abatage d'un certain nombre de hausses consécutives, on observe la formation d'une veine qui ne demeure jamais dans l'axe de l'ouverture, mais s'incurve toujours vers l'une ou l'autre des deux rives; dans le cas où l'ouverture est voisine d'une rive, c'est vers celle-ci que se dirige la veine; par contre, il existe une zone centrale étendue dans laquelle l'orientation de la veine dépend des rouleaux préexistant à l'aval du barrage. Nous avons précisé ce dernier point par une série d'expériences qui nous ont conduit à la notion d'axe hydraulique de l'ouvrage : en réalisant une ouverture au voisinage d'une rive de telle sorte que la veine correspondante s'oriente vers celle-ci, et en déplaçant progressivement la passe ouverte vers la rive opposée, on constate que, pour une certaine position de cette passe P_1, la veine tourne et se dirige vers cette nouvelle rive; en opérant en sens inverse, on détermine une seconde position caractéristique, P_2, de l'ouverture pour laquelle la veine change d'orientation; la position de l'axe hydraulique se trouve définie par le milieu de l'intervalle P_1 et P_2, les déplacements de cet axe en fonction de la largeur de la passe ouverte sont représentés sur la figure 1 sur laquelle on observe également la concordance entre les mesures faites sur l'ouvrage réel et sur son modèle réduit.

(1) Séance du 13 mai 1935.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 283.

Dans le cas d'un ouvrage ayant un plan de symétrie, l'axe hydraulique se trouve dans ce plan comme nous l'avons vérifié sur un modèle réduit.

2° *Cas d'une seule veine dans un ouvrage à fond affouillable; état final indépendant des conditions initiales.* — Dans le canal de la figure 2, disposons une paroi transversale munie d'une fente et plaçons à l'aval un fond affouillable formé par exemple par du sable fin; alimentons cet ouvrage : la veine commence par se diriger latéralement en creusant vers la rive correspondante, et après quelques oscillations

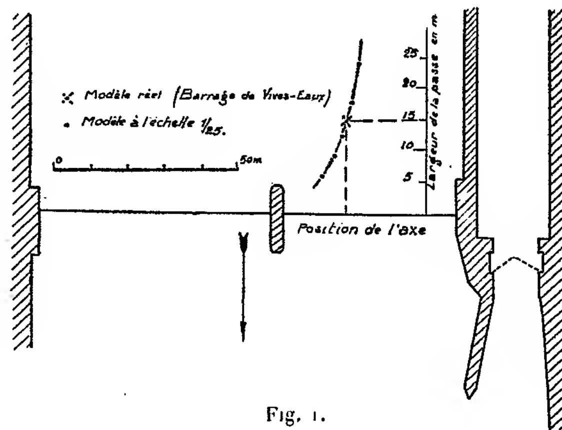


Fig. 1.

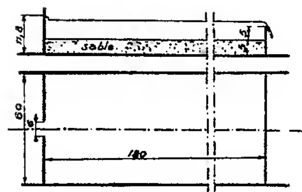


Fig. 2.

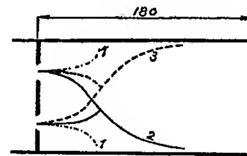


Fig. 3.

elle s'oriente dans l'axe du système; le jet à une certaine distance du barrage se diffuse dans toute la section. *L'état d'équilibre final est symétrique et indépendant des conditions initiales*, comme on le constate en disposant, avant le début de l'expérience, un talus dissymétrique dans le fond du système. On trouve là une distinction importante entre les ouvrages à fond affouillable et à fond fixe, pour lesquels nous avons démontré que, dans ce cas particulier, l'état final dépend au contraire des conditions initiales (*loc. cit.*).

3° *Cas de deux veines dans un ouvrage symétrique à fond fixe; attraction des veines*; *opérations non commutatives.* — Dans l'ouvrage ayant les dimensions indiquées sur la figure 2, ouvrons successivement et *progressivement* les deux vannes A et B; les deux veines s'attirent et le courant résultant de leur confluence se dirige du côté de la rive la plus voisine de la vanne ouverte la première.

Le résultat final dépend de l'ordre des manœuvres; les opérations ne sont pas commutatives.

4° *Cas de deux veines dans un ouvrage symétrique ou dissymétrique; solutions*

multiples. — On peut faire apparaître dans le même ouvrage des solution multiples par divers procédés : Considérons deux ouvertures respectivement voisines de chacune des deux rives; les veines correspondantes se dirigent chacune vers la rive la plus proche. En rapprochant les deux passes ouvertes, nous les amenons dans les positions A et B (*fig.* 3) et elles divergent encore; c'est là une première solution. Continuons à rapprocher les deux passes ouvertes; il arrive un moment où les veines se réunissent pour se diriger vers l'une ou l'autre rive. Lorsqu'on ramène les ouvertures à être dans les positions A et B, l'attraction des veines persiste avec la même orientation du courant résultant et l'on a ainsi deux nouvelles solutions.

Les mêmes phénomènes peuvent être réalisés sur un ouvrage dissymétrique, comme nous l'avons vérifié sur le barrage de Vives-Eaux et son modèle réduit.

Conclusions. — En résumé, il existe une distinction très nette entre les propriétés des systèmes à fond fixe et à fond affouillable. En outre nous montrons l'existence de configurations multiples des filets liquides à l'aval d'un barrage mobile et la possibilité de les faire apparaître par divers moyens. On peut ainsi, par la manœuvre des éléments mobiles, réaliser les conditions d'écoulement les plus avantageuses pour la protection du lit.

BOTANIQUE. — *La végétation de l'Anti-Atlas occidental.* Note [1] de MM. **René Maire** et **Louis Emberger**.

Grâce à la pacification complète du Sud-Ouest marocain, nous avons pu parcourir, en mai 1934 et avril 1935, l'ensemble du pays et accéder aux hauts sommets siliceux (Dj. Kest, 2376^{m}).

L'Anti-Atlas occidental, grâce à la proximité de l'Océan, jouit d'un climat relativement humide.

La forêt d'*Argania*, qui occupe tout le Sous, monte sur le flanc des montagnes jusqu'à l'altitude de 1450^{m}. *Euphorbia Echinus* y est partout avec *Senecio anteuphorbium*, *Warionia*, *Ziziphus*, *Thymus leptobotrys*, et, chez les Aït Baha, jusqu'à 1150^{m}, avec *Laburnum platycarpum*. Les rochers sont sur certains points couverts de *Sempervivum arboreum* avec *Sonchus pinnatifidus*. L'ensemble floristique a un cachet nettement tropical. A l'ouest du méridien de Tiznit un grand nombre d'espèces moins xérophiles (*Rhus pentaphylla*, *Euphorbia Regis Jubæ*, etc.) indiquent un adoucissement sensible de l'aridité du climat.

Sur le versant sud l'Arganier est buissonnant et se localise sur les pentes des montagnes, d'où il descend en plaine le long des torrents. Le Sahara,

(1) Séance du 20 mai 1935.

avec sa flore, s'insinue partout, mais vers l'Ouest, sous l'influence de l'Océan, il est remplacé sur les terrains salés par un *scrubb* à *Atriplex* et *Lycium* presque dépourvu d'espèces sahariennes, mais comptant un certain nombre d'éléments canariens (*Chenolea*, *Astydamia*, etc.).

Plus haut, entre 1450 et 1600^m, il y a un étage extrêmement dégradé où l'on trouve, avec peine quelques témoins de l'ancienne forêt de *Callitris articulata* accompagné de *Pistacia atlantica*. On y trouve encore *E. Echinus*, mais plus rarement; *Chamærops humilis* apparaît çà et là. *Lavandula pedunculata* var. *atlantica*, *Cistus villosus* et *C. salviifolius*, *Polygala Balansæ*, *Jasonia* sp., *Salvia taraxacifolia*, *Globularia Alypum* et *Adenocarpus Segonnei* en sont les éléments les plus remarquables. L'ensemble de cette flore est nettement méditerranéen et fait contraste avec les Arganiaies.

A partir de 1500^m on voit apparaître çà et là quelques buissons de *Quercus Ilex* et de *Juniperus Oxycedrus*, mais la Chênaie ne se développe bien qu'à partir de 1600^m; elle atteint le sommet du massif. Le Dj. Kest en possède encore des peuplements intéressants.

La Chênaie de l'Anti-Atlas occidental est un taillis ou une futaie basse, très dense aux endroits où elle a été respectée. Elle est la plus méridionale qui existe. Sa flore nous transporte très loin du Sahara, car ses éléments les plus importants sont *Juniperus Oxycedrus*, *Chamærops*, *Smilax aspera*, *Lonicera etrusca*, *Cytisus bæticus*, *Colutea*, *Cirsium Casabonæ*, *Cynoglossum Dioscoridis*, *Achillea ligustica*, *Ruscus aculeatus*, *Ephedra nebrodensis*, etc. Dans les falaises couvertes de Lichens foliacés, on est surpris de trouver *Hedera Helix*, *Cystopteris fragilis*, *Geranium Robertianum*, *Sedum acre*, *Silene italica* var. Il y a aussi des endémiques marocains remarquables, mais leur présence est peu frappante et se perd dans l'ensemble.

En résumé, l'Anti-Atlas occidental est entièrement entouré à sa base par un étage à *Argania* représentant ici l'*étage méditerranéen aride*. Sur le versant sud cet étage et le Sahara se copénètrent, mais le désert n'atteint en aucun point l'Océan. Cet étage est floristiquement et physionomiquement caractérisé pas ses traits tropicaux ou sahariens. A l'Arganier succède une Callitriaie formant l'*étage méditerranéen semi-aride;* celui-ci est nettement méditerranéen. Enfin, les régions élevées, les plus humides, sont couvertes de forêts de Chênes-verts constituant un *étage méditerranéen tempéré* typique. Cet îlot est la tache de végétation purement méditerranéenne la plus méridionale qui existe.

Cette exploration termine l'enquête botanique générale dans l'Anti-Atlas que nous avions entreprise depuis 1930.

M. **Émile Forgue**, par l'organe de M. **Jean-Louis Faure** fait hommage à l'Académie de la 9e édition de son *Précis de Pathologie externe*.

NOMINATIONS.

L'**Académie des Sciences** désigne son Bureau pour la représenter à toutes les cérémonies du *Troisième Centenaire de l'Académie française*.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste de *Directeur de l'Institut océanographique de l'Indochine*, pour la première ligne, M. *Pierre Chevey* obtient 29 suffrages; il y a 3 bulletins blancs. Pour la seconde ligne, M. *Raoul Serène* réunit l'unanimité des 29 suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne........... M. **Pierre Chevey**.
En seconde ligne...:........ M. **Raoul Serène**.

Pour le poste d'*Assistant* au même Institut, M. **Raoul Serène** réunit l'unanimité des suffrages et sera présenté à M. le Ministre de l'Éducation nationale.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° R. Weckering. *Stéréophysique. Nouvelles théories sur la constitution de la matière et l'origine des rayonnements*.

2° Jean Rostand. *La vie des Libellules*. (Présenté par M. Louis Bouvier.)

ALGÈBRE. — *Sur la théorie de la ramification des idéaux.* Note [1] de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

L'objet de cette Note est la généralisation aux corps algébriques quelconques des notions d'ensembles et de nombres de ramification attachés à des idéaux premiers, notions introduites par M. Hilbert pour les idéaux des corps de Galois relatifs [2].

J'expose dans cette Note uniquement les résultats applicables à tous les corps de nombres algébriques, indépendamment de leur nature.

Remarque. — Dans ce qui suivra, il s'agira de corps algébriques par rapport à un corps de *base*, qui sera, soit un corps de nombres algébriques, soit un corps Π-adique d'un tel corps, où Π est un idéal premier. Cette base sera notée χ et les corps sur χ seront désignés par K surmonté ou non d'un signe, par exemple $\overline{K}$, K^*, etc. Sauf mention expresse, quand on écrira isomorphisme, automorphisme, ordre, degré, etc., toutes ces relations seront prises par rapport à χ; si une propriété est notée dans K par une lettre, la propriété correspondante dans $\overline{K}$, K^*, etc. sera notée par la même lettre surmontée de $^-$, *, etc.; si K_1, K_2 sont des corps, $K_1 \supset K_2$ désignera que K_1 est algébrique par rapport à K_2 et le contient.

Définition 1. — Si K^* est le corps de Galois de K, P^* un idéal premier de K^* divisant le nombre premier rationnel p, a ordre de p par rapport à K, P idéal premier de K tel que $P^* | P$, ρ la racine primitive de mod P dans K, π entier de K d'ordre 1 en P, l'ensemble Z des isomorphismes σ de K tels que $\sigma P \equiv 0 (\text{mod. } P^{*a})$ s'appellera *l'ensemble de décomposition de* P^* *dans* K *par rapport à* χ [3], l'ensemble des σ de Z tels que $\rho \equiv \rho\sigma (\text{mod } P^*)$, où P est la racine primitive de mod P dans K, s'appellera *l'ensemble d'inertie* de P^* dans K, l'ensemble des σ de T tels que $\sigma\pi \equiv \pi (\text{mod } P^{*a+1})$ s'appellera *l'ensemble de ramification* de P^* dans χ. Si $\sigma\pi - \pi$ est d'ordre $w + a$ en P^*, σ étant de V, $v = w : a$ s'appellera *nombre caractéristique de* σ *pour* P^*. *D'après cette définition* v *est rationnel et positif. Si* $0 < v_1 < v_2 < \ldots < v_n < v_{n+1} = \infty$ est l'ensemble de tous les nombres caractéristiques distincts des σ de V, $v_k (k = 1, 2, \ldots, n+1)$ s'appellera $k^{\text{ième}}$ *nombre de ramification* de P^* dans K [1] et l'ensemble

---

(1) Séance du 20 mai 1935.

(2) *Jahresber. d. Deutsch. Math.-Ver.*, 4, 1894-1895, p. 175-546.

(3) Dans tout ce qui suivra, « par rapport à χ » sera sous-entendu.

$\overset{(k)}{V}$ $(k = 0, 1, \ldots, n)$ des σ qui ont $v \geqq v_{k+1}$ s'appellera *l'ensemble de ramification k fois souligné* de P^* dans K.

1° *Détermination des ensembles et nombres de ramifications du sous-corps à partir de ceux du corps.*

Définition 2. — Si $K \supset \overline{K}$, un isomorphisme $\overline{\sigma}$ de $\overline{K}$ s'appellera *correspondant* d'un isomorphisme σ de K [notation : $\overline{\sigma} = \text{corr.}\, \sigma(\overline{K})$] si, pour chaque nombre $\overline{\alpha}$ de $\overline{K}$, $\overline{\sigma}\overline{\alpha} = \sigma\overline{\alpha}$. Un ensemble $\overline{A}$ des $\overline{\sigma}$ sera dit correspondant d'un ensemble A des σ [notation $\overline{A} = \text{corr. } A(\overline{K})$], s'il est l'ensemble de tous les correspondants distincts des éléments de A.

Soient K^*, corps de Galois de K; $\overline{K}^*$, celui de $\overline{K}$; P^*, idéal premier de $K^*(P^* | p)$; $\overline{P}^*$, idéal premier de $\overline{K}^*$; $P^* | \overline{P}^*$; g, l'ensemble des isomorphes de K par rapport à $\overline{K}$; $\zeta = [g, Z]$, $\tau = [g, T]$, $\overset{(k)}{\nu} = [g, \overset{(k)}{V}]$ (1) $(k = 0, \ldots, n)$; z, t, n_k, ordres (2) de Z, T, $\overset{(k)}{V}$ $(k = 0, \ldots, n)$; ξ, θ, ν_k, ordres de ζ, τ, $\overset{(k)}{\nu}$; $d_k = t : n_k$, $\Delta_k = \theta : \nu_k$, $r_k = n_k : n_{k+1}$, $\rho_k = \nu_k : \nu_{k+1}$.

Théorème 1. — *Si* $r_{i_0} - \rho_{i_0}, r_{i_1} - \rho_{i_1}, \ldots, r_{i_{\mu-1}} - \rho_{i_{\mu-1}}$ $(0 \leqq i_0 < i_1 < \ldots < i_{\mu-1} \leqq n-1)$ *sont les seuls non nuls parmi les nombres* $r_0 - \rho_0, r_1 - \rho_1, \ldots, r_{n-1} - \rho_{n-1}$, $\overline{n} = \mu$, $\overline{Z} = \text{corr. } \overline{Z}$, $\overline{T} = \text{corr. } T$, $\overset{(k)}{\overline{V}} = \text{corr. } \overset{(i_{k-1}+1)}{V} = \ldots = \text{corr. } \overset{(i_k)}{V}(\overline{K})$, $\overline{v}_k = \sum_{q=0}^{i_{k-1}} \frac{v_{q+1} - v_q}{\Delta_q}$ *où l'on pose* $v_0 = \overline{v}_0 = 0$, $i_{-1} = -1$ (3).

2° *Propriétés générales de* Z, T, $\overset{(k)}{V}$, v *et leur liaison avec* P.

Théorème 2. — *Si le degré de* P *est* f *et son ordre* $e = hp^m$, *où* $(h, p) = 1$, $z = ef$, $t = e = hp^m$, $n_1 = p^m$ *et tous les* n_k *sont puissances de* p, $n_k = p^{j_k}$, *donc* $r_k = p^{l_k}$, *où* $l_k = j_k - j_{k+1}$.

Théorème 3. — Z, T, $\overset{(k)}{V}$ *d'un idéal* P^* *sont isomorphes à ceux de tout autre idéal* $P^{*\prime}$ *de* K^* *divisant* P.

z, t, n_k, d_k, r_k, v_k *ne dépendent que de* P *et non de* P^*.

Conséquence. — v_k sera appelé $k^{\text{ième}}$ nombre de ramification de P, au lieu d'être appelé $k^{\text{ième}}$ nombre de ramification de P^* dans K.

Théorème 4. — *Si* σ *n'appartient pas à* Z, σP *est premier à* P^*.

---

(1) [A, B] désigne l'*intersection* des ensembles A et B.

(2) J'appelle *ordre* le nombre d'éléments d'un ensemble, qu'il soit groupe ou non.

(3) Dans le cas où K et $\overline{K}$ sont de Galois, la question a été résolue, en principe, par Herbrand. Voir J. Herbrand, *Journ. de Math. pures et appl.*, 96, 1931, p. 481-498.

THÉORÈME 5. — *Les v_k ont leurs dénominateurs premiers à p. Si* K *appartient à g dans* K*, $\tau^* = [g, T^*]$, $\nu^* = [g, V^*]$, *il faut et il suffit, pour que tous les v_k soient entiers, que τ^* fasse partie d'une suite de Jordan de* T*, *et cela a sûrement lieu si $\tau^* = \nu^*$.*

THÉORÈME 6. — *Si $\varphi_k = v_k n_{k-1}$,* E *désigne l'ordre absolu de* P, $\varphi_k \leqq Ep/p - 1$. *Cette inégalité devient égalité si $v_k \equiv 0 \pmod p$* et alors $l_{k-1} = 1$ (¹).

3° *Congruences et inégalités dans le corps correspondant à l'existence des sous-corps.*

THÉORÈME 8 :

$$\sum_{i_{k-2}+1}^{i_{k-1}} \frac{\Delta_{i_{k-1}}}{\Delta_q}(v_{q+1} - v_q) \equiv 0\left(\mathrm{mod}\, \frac{\Delta_{i_{k-1}}}{\Delta_0}\right);$$

en particulier, si $\rho_k < r_k$ pour tout $k = 0, \ldots, n-1$,

$$v_{k+1} \equiv v_k (\mathrm{mod}\, \rho_0 \rho_1 \ldots \rho_{k-1}).$$

THÉORÈME 9 :

$$\varphi_{i_{k-1}+1} + \frac{\rho_{i_{k-1}-1} - 1}{r_{i_{k-1}-1}} \varphi_{i_{k-1}}$$
$$+ \frac{\rho_{i_{k-1}-2} - 1}{r_{i_{k-1}-2}} \frac{\rho_{i_{k-1}-1}}{r_{i_{k-1}-1}} \varphi_{i_{k-1}-1} + \ldots + \frac{\rho_0 - 1}{r_0} \frac{\rho_1}{r_1} \cdots \frac{\rho_{i_{k-1}-1}}{r_{i_{k-1}-1}} \varphi_1 \leqq \varepsilon \frac{p}{p-1}.$$

En particulier, il en résulte

$$\varphi_{i_{k-1}+2} + \varphi_{i_{k-1}+3} + \ldots + \varphi_{i_k+1} \leqq \varepsilon \left(\frac{p}{p-1}\right)^2.$$

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'application du calcul des probabilités à la théorie du trafic téléphonique.* Note de M. **ÉMILE VAULOT**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Supposons qu'une ligne téléphonique ait à écouler des conversations telles que la probabilité pour que chacune d'elles ait une durée supérieure à t soit e^{-t}, e étant la base des logarithmes népériens. La durée moyenne d'une communication est 1 et la probabilité pour qu'une communication d'âge t en cours à la date t se termine entre la date considérée t et la date infiniment voisine $t + dt$ est dt.

(¹) Ce théorème a été démontré dans le cas où K est de Galois par rapport à χ, par Öysbein ore Kag. Ö. ore (*Math. Annalen*, 102, 1930, p. 283-304). Il a démontré, de plus, que si $p \mid v_k$, V est cyclique.

Dans un grand nombre de cas de la pratique, il existe une fonction $f(t)$ non croissante, égale à 1 pour $t=0$ et à 0 pour $t=\infty$, qui représente la probabilité pour qu'il ne se soit produit aucun appel dans un intervalle de temps t quelconque. Nous supposons que cette fonction a des dérivées.

$-f'(t)\,dt$ est la probabilité pour qu'il se produise un appel entre les dates t et $t+dt$, et qu'il ne s'en soit produit aucun entre les dates 0 et t.

$f'(t)/f'(0)$ est la probabilité pour qu'il ne se soit produit aucun appel dans la durée t qui suit immédiatement la production d'un appel.

$-f''(t)\,dt/f'(0)$ est la probabilité pour que, en prenant pour origine des temps l'instant où se produit un appel, le premier appel suivant se produit entre les dates t et $t+dt$.

$f''(t)$ est toujours positif au nul.

Si une même ligne reçoit deux trafics indépendants entre eux correspondant respectivement aux fonctions $f_1(t)$ et $f_2(t)$, le trafic résultant correspondra à la fonction $f_1(t)\,f_2(t)$.

Le trafic total reçu par une ligne (nombre moyen d'appels reçus par unité de temps) est $-f'(0)$.

Supposons qu'une première ligne reçoive un trafic caractérisé par la fonction $f(t)$, que toute communication qui se présente devant cette ligne soit traitée par elle si la ligne est inoccupée au moment où l'appel se produit, et que le trafic restant se présente devant une seconde ligne. Ce trafic restant sera constitué par des appels qui, par unité de temps, seront en moyenne au nombre de

$$\int_0^\infty f''(t)\,e^{-t}\,dt,$$

et caractérisé par une fonction $g(t)$ que l'on peut déterminer de la façon suivante.

Introduisons la fonction

$$\varphi(t)=\frac{-f''(t)\,e^{-t}}{f'(0)}.$$

La fonction

$$\gamma(t)=\frac{-g''(t)\,e^{-t}}{g'(0)}$$

est la solution de l'équation de Volterra de deuxième espèce,

$$\gamma(t)=e^{-t}\varphi(t)+\int_0^t(1-e^{-t+u})\,\varphi(t-u)\,\gamma(u)\,du.$$

Dans les cas de la pratique, $\varphi(t)$ est de la forme

$$\varphi(t)=\Sigma A_\lambda\,e^{-a_\lambda t}$$

les quantités a étant positives ou à partie réelle positive. Si l'on décompose la fraction rationnelle

$$\frac{\sum \frac{A_\lambda}{z + a_\lambda + 1}}{1 - \sum \frac{A_\lambda}{(z + a_\lambda)(z + a_\lambda + 1)}}$$

en éléments simples de la forme $B_\mu / z + b_\mu$ on aura

$$\gamma(t) = \Sigma B_\mu e^{-b_\mu t}.$$

Supposons en particulier qu'un trafic reçu par un groupe de lignes soit de pur hasard à raison de y appels par unité de temps : il sera caractérisé par les fonctions

$$f_1(t) = e^{-yt}; \qquad \varphi_1(t) = y\, e^{-(y+1)t}.$$

Le trafic reçu par la seconde ligne sera caractérisé par la fonction

$$\varphi_2(t) = B_1 e^{-b_1 t} + B_2 e^{-b_2 t},$$

b_1 et b_2 étant les valeurs de x qui annulent le polynome

$$h_2(x, y) = (x - 1)(x - 2) - 2(x - 1)y + y^2,$$

B_1 et B_2 étant donnés par

$$B_1 = \frac{y(y + 1 - b_1)}{b_2 - b_1}, \qquad B_2 = \frac{y(-y - 1 + b_2)}{b_2 - b_1}.$$

Pour définir le trafic reçu par la ligne d'ordre i, considérons les polynomes en x et y

$$h_i(x, y) = (x - 1)(x - 2)\dots(x - i) - \binom{i}{1}(x - 1)(x - 2)\dots(x - i + 1)y + \binom{i}{2}(x - 1)(x - 2)\dots(x - i + 2)y^2 + \dots + (-1)^i y^i.$$

Ces polynomes ont les propriétés suivantes :

$$\frac{\partial h_i(x, y)}{\partial y} = -i\, h_{i-1}(x, y),$$

$$h_i(x, y) = -y\, h_{i-1}(x, y) + (x - 1)\, h_{i-1}(x - 1, y),$$

$$-y \begin{vmatrix} h_i(x, y) & h_{i-1}(x, y) \\ h_i(x - 1, y) & h_{i-1}(x - 1, y) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} h_{i+1}(x, y) & h_i(x, y) \\ h_i(x - 1, y) & h_{i-1}(x - 1, y) \end{vmatrix}.$$

Pour une même valeur donnée de y, toutes les racines de $h_i(x, y) = 0$ sont réelles, plus grandes que 1 et séparées par celles de $h_{i-1}(x, y) = 0$.

On déduit facilement de ces propriétés que le trafic reçu par la ligne

d'ordre i correspond à la fonction

$$\varphi_i(t) = \sum D_\lambda e^{-d_\lambda t},$$

les quantités d_λ étant les valeurs de x qui annulent $h_i(x, y) = 0$, les coefficients D_λ étant donnés par

$$D_\lambda = \frac{y\, h_{i-1}(d_\lambda, y)}{\dfrac{\partial h_i(d_\lambda, y)}{\partial x}}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination du type d'une surface riemannienne simplement connexe.* Note [1] de **M. P. J. Myrberg**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Soit $z = f(\zeta)$ une fonction analytique de $\zeta = \xi + i\eta$, régulière et univalente dans le demi-plan $\eta > 0$ et prenant la même succession de valeurs sur l'axe réel positif que sur l'axe réel négatif. Le domaine transformé D dans le plan z sera alors limité par une ligne qui, ou bien converge vers l'infini (cas parabolique), ou bien a comme limite une ligne fermée, qui peut être identifiée à la circonférence $|z| = 1$ (cas hyperbolique). On peut de la manière suivante trouver une condition suffisante pour que le premier de ces cas se présente.

Soit H_ρ un demi-cercle limité par deux points réels conjugués, ρ son rayon et a son centre. En vertu de l'inégalité de Schwarz, on aura pour $\rho \geqq \rho_0 > 0$:

$$(1)\quad 0 < c_0 < \left(\int_{H_\rho} |f'(\zeta)\, d\zeta|\right)^2 \leqq \int_{H_\rho} |f'(\zeta)|^2 |1 - a'\cos\alpha|\, |d\zeta| \int_{H_\rho} \frac{|d\zeta|}{|1 - a'\cos\alpha|},$$

où $\zeta = a + \rho e^{i\alpha}$ et $a' = da/d\rho$. La dernière intégrale étant plus petite que $\pi\rho/1 - |a'|$, on aura

$$\frac{c_0}{\pi}\, \frac{1 - |a'|}{\rho} < \int_{H_\rho} |f'(\zeta)|^2 |1 - a'\cos\alpha|\, |d\zeta|,$$

d'où il résulte, en intégrant,

$$\frac{c_0}{\pi} \int_{\rho_0}^{\rho} \frac{1 - |a'|}{\rho}\, d\rho < \int_{\eta > 0} |f'(\zeta)|^2\, dA.$$

---

[1] Séance du 20 mai 1935.

où $dA = |1 - a' \cos\alpha| |d\zeta| d\rho$ est un élément superficiel du plan ζ. Le second membre, qui représente l'aire de D, étant fini dans le cas hyperbolique, on aura ce théorème :

Si

$$\overline{\lim_{\rho \to \infty}} \int_{\rho_0}^{\rho} \frac{1 - |a'|}{\rho} d\rho = \infty, \tag{2}$$

on aura certainement le cas parabolique.

Notre théorème conserve sa validité si l'on remplace le demi-plan $\eta > 0$ par un domaine limité par deux lignes partant d'un point vers l'infini et satisfaisant à certaines conditions très générales.

2. Soit maintenant Γ un groupe fuchsoïde de genre zéro provenant de l'uniformisation d'une surface riemannienne simplement connexe F. Il est toujours possible de choisir comme domaine fondamental B de Γ un polygone dont le contour se compose d'un nombre infini de demi-cercles

$$\ldots,\quad K_{-2},\quad K_{-1},\quad K_1,\quad K_2,\quad \ldots \tag{3}$$

conjugués deux à deux, K_{-n} et K_n. Pour $n \to \infty$ les cercles (3) convergent respectivement vers deux points, qui se confondent toujours dans le cas parabolique. Traçons maintenant, par des points conjugués situés respectivement sur K_{-n} et K_n, des demi-cercles orthogonaux par rapport à l'axe réel, en remplaçant les parties situées à l'intérieur de $K_{\pm n}$ par des droites verticales. Il est aisé de voir que notre théorème fondamental sera encore applicable, d'où il résulte qu'on aura certainement le cas parabolique si l'asymétrie de B par rapport à l'axe imaginaire I ne dépasse pas une certaine limite. Pour trouver cette limite, nous nous bornerons au cas remarquable où les points de ramification de F se trouvent au-dessus d'un nombre fini de points e_ν $(\nu = 1, 2, \ldots, m)$. Dans ce cas, le groupe Γ est sous-groupe d'un groupe fuchsien Γ_0 dont la fonction polymorphe possède les points e_ν comme points critiques logarithmiques. Prenons par exemple le cas le plus simple $m = 3$,

$$e_1 = 0, \qquad e_2 = 1, \qquad e_3 = \infty,$$

où Γ_0 est identique au groupe modulaire. Supposons de plus que le domaine fondamental B se compose d'une infinité des polygones de Γ_0 et que, par conséquent, les demi-cercles (3) appartiennent tous au réseau R de Γ_0. Pour caractériser l'asymétrie de B par rapport à I, nous introduisons, pour chaque indice n, le nombre entier q_n indiquant le plus petit nombre de cercles de R coupés par une ligne joignant le cercle K_{-n} au

cercle $\overline{K}_n$, image symétrique de K_n par rapport à I. Soit de plus p_n le nombre des cercles de R situés entre le cercle K_{-n} et le cercle unité de R entourant celui-ci. En se servant de certaines propriétés élémentaires des substitutions linéaires, on aura l'inégalité

$$\frac{1}{1-|a'|} < q_n^2 p_n^{q_n-1}.$$

En vertu de (2), on en conclut ce théorème :

Si l'inégalité

(4) $$q_n^2 p_n^{q_n-1} < b \log n \qquad (b = \text{const.})$$

est vérifiée quel que soit l'entier n, on aura le cas parabolique.

Nous avons ainsi trouvé une catégorie générale de surface riemanniennes simplement connexes, avec un point singulier logarithmique et une infinité de points de ramification algébriques, appartenant au cas parabolique. En réalité, nos considérations s'appliquent à des cas plus généraux. Elles conduisent aussi à une méthode nouvelle pour la représentation analytique des fonctions automorphes appartenant à certains groupes fuchsoïdes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégrale générale de certaines équations différentielles considérée comme fonction des constantes d'intégration.* Note de M. **Pierre Boos**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Étant donné une équation différentielle du second ordre

(1) $$y'' = F(y', y, x),$$

où F est holomorphe pour $y'=0$, $y=0$, $x=x_0$ et $F(0, 0, x)$ non identiquement nul, nous définissons par les conditions $y=0$, $y'=d$ pour $x=x_0$ l'intégrale générale désignée par $y(x-x_0, x_0, d)$; l'équation $y(V, x_0, d)=0$ définit une fonction implicite $V(x_0, d)$ que nous avons étudiée dans le cas où l'équation (1) est celle des géodésiques d'une surface ([1]). Sans faire aucune hypothèse autre que celles ci-dessus sur la fonction F, nous nous sommes proposé, par analogie, de chercher des conditions au moins suffi-

---

([1]) Voir *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1623 et 2271.

santes pour que l'intégrale de (1) ait l'une des formes

(A) $$y = f(x - x_0, x_0)\,\mathrm{H}(x - x_0, d),$$

(B) $$y = f(x - x_0)\,\mathrm{H}\left[\frac{x - x_0}{k(x_0)}, dh(x_0)\right].$$

les fonctions inconnues f, H, h, k étant analytiques.

2. Nous utilisons le changement de variable indiqué dans la première note citée et nous cherchons les conditions imposées aux premiers termes des développements inconnus; nous en déduisons une condition suffisante que nous démontrons être nécessaire. Nous obtenons ainsi le résultat suivant : *Pour que l'intégrale puisse se mettre sous la forme* (A), *il faut et il suffit que* F *soit indépendant de* x. Alors l'intégrale ne dépend que de $x - x_0$ et de d. Il en résulte que l'équation différentielle, à laquelle satisfont des fonctions $y = f(x - a, a)\,g(x - a, b)$ telles que y soit nul et y' égal à b pour $x = a$, ne peut être une équation du type (1) où F serait holomorphe et $\mathrm{F}(0, 0, x)$ non identiquement nul, sauf si les y dépendent seulement de $x - a$ et de b.

3. Pour étudier la forme (B), nous écrivons f sous la forme du produit de $(x - x_0)^{n+2}$ par une fonction égale à 1 pour $x = x_0$ et nous cherchons les solutions en fonction du paramètre n. *Si n n'est pas nul, il faut et il suffit que* F *soit de la forme*

$$(x - \alpha)^n\,\mathrm{G}\left[\frac{y'}{(x - \alpha)^{n+1}}, \frac{y}{(x - \alpha)^{n+2}}\right]$$

(solution que nous appelons générale) *ou que* $\mathrm{F} = 2e^{r(x-\beta)} + 2ry' - r^2 y$ (solution que nous appelons exceptionnelle) (α, β, r arbitraires; $\alpha \neq x_0$, $r \neq 0$). Dans le cas de la solution générale on a

$$y = (x - x_0)^{n+2}\,\mathrm{H}\left[\frac{x - x_0}{x_0 - \alpha}, \frac{d}{(x_0 - \alpha)^{n+1}}\right].$$

Les courbes intégrales correspondant à une valeur x_0 quelconque se déduisent de celles correspondant à une valeur x_1 particulière (x_0 et $x_1 \neq \alpha$) par des transformations géométriques simples dépendant de n [comprenant l'homothétie ($n = -1$) et, ($n = -2$), l'affinité bien connue qui fait correspondre un cercle et une ellipse par dilatation des abscisses]. Notons que l'étude de la solution exceptionnelle est plus délicate que celle de la solution générale.

4. Si on choisit n nul, on trouve la solution générale et une solution exceptionnelle dans laquelle F se réduit à une constante. Il ne nous a pas

été possible d'achever l'étude de ce cas, mais il semble qu'il n'existe pas d'autre solution.

5. Les recherches résumées ci-dessus peuvent être facilement étendues aux équations (2) $y''' = F(y'', y', y, x)$, où F est holomorphe pour $y'' = 0$, $y' = 0$, $y = 0$, $x = x_0$ et $F(0, 0, 0, x)$ non identiquement nul. Nous cherchons ici les conditions nécessaires et suffisantes pour que l'intégrale générale définie par $y = 0$, $y' = d$, $y'' = c$ pour $x = x_0$ puisse se mettre sous l'une des formes suivantes :

$$(\mathrm{A}') \qquad y = f(x - x_0, x_0)\,\mathrm{H}(x - x_0, d, c),$$

$$(\mathrm{B}') \qquad y = f(x - x_0)\,\mathrm{H}\left[\frac{x - x_0}{k(x_0)}, d\,g(x_0), c\,h(x_0)\right],$$

en utilisant le changement de variable et fonction $c = 2\lambda^2$, $d = \mu\lambda^3$, $x = \lambda X + x_0$, $y = \lambda^3 Y$ nous avons montré que :

Il faut et il suffit que F *soit indépendant de* x *pour que l'intégrale puisse se mettre sous la forme* (A′).

Il faut et il suffit que F *soit de la forme*

$$(x - \alpha)^{n-1}\,\mathrm{G}\left[\frac{y''}{(x - \alpha)^n}, \frac{y'}{(x - \alpha)^{n+1}}, \frac{y}{(x - \alpha)^{n+2}}\right],$$

pour que l'intégrale puisse se mettre sous la forme (B′). Il n'y a ici qu'une solution exceptionnelle; F se réduit alors à une constante, et l'on a $n = 1$. Dans le cas général (α et n arbitraires) l'intégrale est de la forme

$$(x - x_0)^{n+2}\,\mathrm{H}\left[\frac{x - x_0}{x_0 - \alpha}, \frac{d}{(x_0 - \alpha)^{n+1}}, \frac{c}{(x_0 - \alpha)^n}\right].$$

et les courbes intégrales se déduisent de celles correspondant à une valeur particulière de $x_0 (\neq \alpha)$ par les mêmes transformations que ci-dessus (§ 3). Il faut remarquer que *l'étude complète du problème dans le cas des équations* (2) *est plus facile que dans le cas des équations* (1).

6. Il nous est possible d'abaisser l'ordre des équations trouvées comme on pouvait le prévoir puisque l'on connaît la forme de l'intégrale générale. En particulier les équations classiques du second ordre homogènes par rapport à x ou par rapport à x et y sont des cas particuliers correspondant à $n = -2$ ou $n = -1$ avec $\alpha = 0$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Un nouveau critère de normalité pour les familles de fonctions holomorphes.* Note de M. **Carlo Miranda.**

Dans cette Note, je me propose de faire connaître le théorème suivant :

Toute famille de fonctions holomorphes dans un domaine D, *où elles ne prennent pas la valeur* a *et où leurs dérivées* $k^{ièmes}$ *ne prennent pas la valeur* $b \neq 0$, *est normale dans ce domaine.*

On montre aisément qu'il suffit de démontrer le théorème dans le cas où le domaine D est le cercle $|x| < 1$. Dans ce cas, la démonstration du théorème repose sur le fait suivant :

Si

$$f_1(x),\quad f_2(x),\quad \ldots,\quad f_n(x),\quad \ldots$$

est une suite extraite de la famille, qui ne contient aucune suite partielle uniformément convergente, pour chaque nombre positif $r < 1$, on peut trouver un nombre positif $\mathrm{L}(r)$, tel que l'on ait

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \overset{+}{\log} |f_n(re^{i\theta})|\, d\theta \leq \mathrm{L}(r). \tag{1}$$

Puisque la formule (1), en vertu d'un théorème de M. P. Montel ([1]), entraîne, contre l'hypothèse, que la suite des $f_n(x)$ est normale, il s'ensuit nécessairement que toute suite de fonctions extraite de la famille contient au moins une suite uniformément convergente et la famille est donc normale.

La démonstration de la formule (1), dont j'exposerai les détails dans un prochain Mémoire est de caractère élémentaire. Elle est valable même dans le cas où $k = 0$, c'est-à-dire que notre théorème contient comme cas particulier le critère de normalité suivant, dû à M. P. Montel.

Toute famille de fonctions holomorphes dans un domaine D, *où elles ne prennent ni la valeur* a *ni valeur* b *est normale dans ce domaine.*

Si $k > 0$, le théorème est vrai même si $a = b$. Dans le cas où le domaine D est le cercle unité, un théorème analogue avait été démontré par M. F. Bureau ([2]), mais en introduisant des hypothèses supplémentaires sur les valeurs des fonctions de la famille et de leurs dérivées à l'origine, ce qui l'empêchait de passer du cas du cercle-unité à celui d'un domaine quelconque.

([1]) *Leçons sur les familles normales de fonctions analytiques*, Paris, 1927, p. 44.

([2]) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1350 et *Mémoires de la Soc. R. des Sc. de Liège*, 3e série, **17**, 1932, p. 1-52.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la sommation de la série ultrasphérique par la méthode des moyennes arithmétiques.* Note de

M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Émile Borel.

Désignons par $P_n^{(\lambda)}(x)$ les polynomes ultrasphériques, définis par le développement

$$\frac{1}{(1-2xz+z^2)^\lambda}=\sum_{n=0}^{\infty} P_n^{(\lambda)}(x)z^n \qquad (\lambda>0). \tag{1}$$

La série ultrasphérique de la fonction $f(\theta, \varphi)$, définie pour $0 \leqq \theta \leqq \pi$, $0 \leqq \varphi \leqq 2\pi$, est la suivante :

$$f(\theta, \varphi) \sim \frac{1}{2\pi}\sum_{n=0}^{\infty}(n+\lambda)\int_0^{\pi}\int_0^{2\pi}[\sin^2\theta' \sin^2(\varphi-\varphi')]^{\lambda-\frac{1}{2}} \times f(\theta', \varphi') P_n^{(\lambda)}(\cos\gamma)\sin\theta'\, d\theta'\, d\varphi', \tag{2}$$

où γ est la distance sphérique des points (θ, φ) et (θ', φ'),

$$\cos\gamma=\cos\theta\cos\theta'+\sin\theta\sin\theta'\cos(\varphi-\varphi').$$

La série de Laplace est le cas particulier de la série (2) pour $\lambda=1/2$.

La sommation de la série (2) par les moyennes arithmétiques a été étudiée par M. Kogbetliantz (¹), qui a généralisé les résultats obtenus pour la série de Laplace.

Dans cette Note nous donnons des théorèmes nouveaux, qui correspondent aux théorèmes démontrés pour les séries de Fourier.

Désignons par $f(t)$ la fonction

$$f(t)=\frac{\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{1}{2}+\lambda\right)}{2\pi\Gamma(\lambda)}\int_{\gamma=t}[\sin^2\theta'\sin^2(\varphi-\varphi')]^{\lambda-\frac{1}{2}}f(\theta', \varphi')\, ds' - A\sin^{2\lambda}\gamma,$$

où l'intégrale est prise sur une circonférence C de centre (θ, φ) et de rayon sphérique égal à t; ds' est l'élément d'arc de la circonférence C. Désignons encore par $\psi_p(x)$ $(p \geqq 0)$, la fonction

$$\psi_p(x)=px^{-p}\int_0^x (x-t)^{p-1}f(t)\, dt \qquad (p>0),$$
$$\psi_0(x)=f(x).$$

(¹) *Journal de Mathématiques*, 3, 1924, p. 107-187.

I. *Si, pour un* $p \geqq 0$, *on a*

$$\int_0^t |\psi_p(\tau)|\, d\tau = o(t^{1+2\lambda}) \qquad (t \to 0),$$

la série (2) *sera sommable* (C, k) *pour chaque* $k > p + \lambda$, *avec la somme* A.

II. *Si, pour un* $p \geqq 0$, *on a*

$$\int_0^t |\psi_p(\tau)|\, d\tau = O(t^{1+2\lambda}), \qquad \psi_{p+1}(t) = o(t^{2\lambda}) \qquad (t \to 0),$$

la série (2) *sera sommable* (C, k) *pour chaque* $k > p + \lambda$ *avec la somme* A.

Si $k < 2\lambda$, on suppose que la fonction

$$\left(\cos\frac{\Upsilon}{2}\right)^{a-2\lambda} f(\theta', \varphi')\,[\sin^2\theta' \sin^2(\varphi - \varphi')]^{\lambda - \frac{1}{2}}$$

soit absolument intégrable sur la sphère.

Désignons par f_n^k les moyennes de Cesàro d'ordre $k \geqq 0$ pour la série (2). Nous avons démontré le théorème suivant :

III. *Soit pour un* $p \geqq 0$, *un* α, $0 \leqq \alpha < 1$,

$$\int_0^t |\psi_p(\tau)|\, d\tau = O(t^{1+2\lambda+\alpha}) \qquad (t \to 0)$$

Alors pour f_n^k *on a* $(p + \lambda + 1 \geqq k \geqq p + \lambda + \alpha)$,

$$f_n^k - A = O\left(\frac{1}{n^\alpha}\right) \qquad \text{si} \quad k > p + \lambda + \alpha,$$

$$f_n^k - A = O\left(\frac{\log n}{n^\alpha}\right) \qquad \text{si} \quad k = p + \lambda + \alpha.$$

Si $k < 2\lambda + \alpha$ on ajoute la condition que la fonction

$$\left(\cos\frac{\Upsilon}{2}\right)^{k-2\lambda-\alpha} f(\theta', \varphi')\,[\sin^2\theta' \sin^2(\varphi - \varphi')]^{\lambda - \frac{1}{2}}$$

soit absolument intégrable sur la sphère.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une généralisation du théorème de Schottky.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

L'étude du comportement d'une fonction holomorphe et de ses dérivées dans le voisinage de certains points, que j'avais faite pour les fonctions holomorphes dans un cercle et à croissance assez rapide et qui fut poursuivie

par M. A. Bloch ([1]), permet de répondre assez complètement à une question posée par M. Montel ([2]); il suffit d'employer la méthode directe que j'avais utilisée dans le second des Mémoires cités pour établir les théorèmes de Picard et de Borel.

1. Le théorème de Bloch peut être énoncé sous la forme complète suivante ([3]) :

I. *Il existe des constantes positives* α, β, γ, γ', δ, γ_p, δ_p, *jouissant des propriétés suivantes.* $f(z)$ *étant holomorphe pour* $|z|<1$, $f(0)=0$, $f'(0)=1$, *et* $M(r, f)=\max.\ |f(z)|$ *pour* $|z|<r<1$, *on peut trouver un r vérifiant les conditions* $\alpha<r<1$, $M(r, f)>\beta$, *et un domaine* D *contenu dans le cercle* $|z|<r$, *tels que :*

1° *La fonction* $f(z)$ *univalente dans* D *représente* D *sur la couronne coupée*

$$\frac{1}{4}M(r, f)<|Z|<\frac{1}{2}M(r, f), \qquad |\arg Z|<\pi. \tag{1}$$

2° *On a dans* D

$$\frac{1}{2}<\left|\frac{f'(z)}{Hf(z)}\right|<2, \qquad \gamma'<H<\gamma[\log M(r, f)+1]^{\delta}, \tag{2}$$

H *étant une constante dépendant de* $f(z)$ *et* D.

3° *Si* $1<q\leqq p$, *on a dans* D

$$|f^{(q)}(z)|<\gamma_p M(r, f)[1+\log M(r, f)]^{\delta_p}. \tag{3}$$

2. Considérons par exemple deux nombres a et b non nuls tous deux et $f(z)$ holomorphe pour $|z|<1$, $f(0)=0$, $f'(0)=1$ et cherchons à résoudre l'équation

$$\lambda e^{\mu f(z)}=a+b\mu f'(z) \qquad (\lambda \text{ et } \mu \text{ constants}), \tag{4}$$

lorsque z est dans D. En écrivant (4) sous la forme

$$\mu f(z)=\log[a+bf'(z)\mu]-\log\lambda+2i\pi\nu,$$

en supposant $1/A<|\lambda|<A$ et tenant compte de (1) et (2), le théorème de Rouché fournit au moins $(m+1)$ racines de (4) pourvu que $|\mu|M(r, f)$

([1]) Valiron, *Annales École normale*, 3e série, **38**, 1920, p. 219-253; **39**, 1921, p. 389-429; Bloch, *Annales Fac. Sc. Toulouse*, 3e série, **17**, 1925, p. 1-22.

([2]) *Enseignement math.*, **33**, 1934, p. 11.

([3]) Bloch, *Mémorial des Sc. math.*, **20**, 1926, notamment p. 25; Valiron, *Mathematica*, **4**, 1930, p. 81-108.

dépasse un nombre de la forme $(1+\log A)\Omega(|a|, |b|, m)$. Il s'ensuit que $|\mu f(z)|$ est borné par le nombre précédent dans le cercle $|z|<\alpha$ si (4) a au plus m racines dans $|z|<1$. On peut ensuite ([1]) trouver une borne de $|\mu f(z)|$ dans les cercles de rayon $\alpha(1-\alpha)$ dont le module des centres est α, etc.

En procédant de même, compte tenu de (3), on a le théorème suivant :

II. *Si* $F(z)$ *est holomorphe pour* $|z|<1$, *ne s'annule pas dans ce cercle, si l'équation*

$$a_0 F(z) + a_1 F'(z) + \ldots + a_q F^{(q)}(z) = 1, \tag{5}$$

où les a_j *sont* $q+1$ *nombres donnés, non tous nuls, n'y a que* m *racines au plus et si*

$$\frac{1}{A} < |F(o)| < A \qquad (A \geqq 1),$$

on a

$$\left|\arg\frac{F(z)}{F(o)}\right| + \left|\log|F(z)|\right| < (1+\log A)\Theta(|a_0|, |a_1|, \ldots, |a_q|, |z|, m), \tag{6}$$

la fonction Θ *ne dépendant que des variables qui y figurent.*

On passe de II à un énoncé analogue à la forme classique du théorème de Schottky en observant que, si $|F(o)|<1$, on peut appliquer II à partir de la frontière du domaine contenant l'origine et dans lequel $|F(z)|<1$. En outre, la forme (6) montre que, si $M(r_0, F) > \varepsilon$, $r_0 \neq o$, $|F(o)|$ est supérieur à une fonction de ε et de r_0, les $F(z)$ tendent uniformément vers o pour $|z|<\rho<1$ si les $F(o)$ tendent vers o. On voit de même directement que $|F(z)|$ converge uniformément vers l'infini pour $|z|<\rho<1$ si $|F(o)|$ tend vers l'infini.

Il découle de là que les $F(z)$ holomorphes dans un domaine, qui ne s'y annulent pas, et telles que (5) n'y a que m racines au plus, y forment une famille normale, ce qui contient un résultat donné récemment par M. Miranda dans une conférence à la Société mathématique ([2]).

3. On peut dans des conditions assez larges remplacer l'expression linéaire du premier membre de (5) par un polynome en $F, F', \ldots, F^{(q)}$.

Ceci permet de traiter le cas des fonctions méromorphes et d'établir que :

III. *Si les* $F(z)$ *sont méromorphes dans un domaine, n'y prennent pas deux*

([1]) Ce processus serait superflu si le seul but était la recherche de critères de normalité.

([2]) Séance du 22 mai 1935, voir aussi *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1823.

valeurs distinctes a, b et si l'équation (5) *n'y a que m solutions au plus, les* a_j *n'étant pas tous nuls, et* $(1-aa_0)(1-ba_0)\neq 0$ *si* $a_1=a_2=\ldots=a_q=0$, *la famille* F(*z*) *est normale dans* D.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les correspondances multiformes monotones.* Note de M. **Eugène Blanc**, présentée par M. Élie Cartan.

1. J'ai défini [1] divers modes de continuité et de semi-continuité pouvant régir des correspondances multiformes dont l'argument est un élément x d'un espace métrique et compact $\mathcal{M}$ et la « fonction » un ensemble fermé $\gamma(x)$ d'éléments prélevés sur un autre ensemble métrique et compact $\mathcal{G}$. Dans la présente Note je supposerai que l'espace argument est homéomorphe à l'ensemble des nombres réels et par conséquent ordonné. On pourra alors définir en chaque point de $\mathcal{M}$ des continuités et semi-continuités unilatérales au moyen d'ensembles $\mathcal{A}_G$, $\mathcal{A}_D$, $\mathcal{L}_G$, $\mathcal{L}_D$ analogues aux ensembles $\mathcal{A}$ et $\mathcal{L}$ de ma Note citée. On aura d'ailleurs les relations

$$\mathcal{A}=\mathcal{A}_G\dotplus\mathcal{A}_D,$$
$$\mathcal{L}=\mathcal{L}_G\,.\,\mathcal{L}_D,$$

où les signes $\dotplus$ et . indiquent respectivement la réunion et l'intersection de deux ensembles.

Si l'inégalité $x<x'$ entraîne constamment $\gamma(x)\leqq\gamma(x')$ ou constamment $\gamma(x)\geqq\gamma(x')$, nous dirons que la correspondance est monotone, non décroissante ou non croissante suivant le cas. Nous prendrons pour fixer les idées une correspondance non décroissante. On verra aisément qu'au point x

$$\mathcal{A}_G=\mathcal{L}_G\leqq\gamma(x)\leqq\mathcal{A}_D=\mathcal{L}_D,$$

et, par conséquent,

$$\mathcal{L}\leqq\gamma\leqq\mathcal{A},$$

Une telle correspondance possède donc à droite la $\underline{\text{S. C. I.}}$ complète, à gauche la $\overline{\text{S. C. I.}}$ complète, et bilatéralement les deux S. C. I. restreintes. On aura en outre continuité totale gauche, droite ou bilatérale suivant que l'on aura

$$\gamma=\mathcal{A}_G=\mathcal{L}_G,$$
$$\gamma=\mathcal{A}_D=\mathcal{L}_D$$

(1) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1769-1771.

ou simultanément

$$\gamma = \mathcal{A}_G = \mathcal{L}_G = \mathcal{A}_D = \mathcal{L}_D.$$

II. Étant donné dans $\mathcal{G}$ un ensemble E, désignons par E_α l'ensemble réunion des sphères ouvertes de rayon α centrées sur les points de l'ensemble. La fermeture $\overline{E}_\alpha$ de E_α est, au sens défini plus haut, une fonction multiforme croissante de l'argument α. La fonction inverse de cette fonction est une fonction continue, (cela résulte des propriétés de continuité de la distance de Fréchet). Il en résulte que pour $\overline{E}_\alpha$, la $\overline{\text{S. C. I.}}$ complète bilatérale ([1]) vient s'ajouter aux propriétés trouvées plus haut pour toute fonction multiforme croissante. Cette fonction sera donc totalement continue à droite, mais rien ne dit qu'elle sera aussi totalement continue à gauche. Dans le cas général c'est le contraire qui a lieu.

La condition nécessaire et suffisante pour que $\overline{E}_\alpha$ soit aussi totalement continue à gauche et, par conséquent, totalement continue bilatéralement, est que la métrique de $\mathcal{G}$ satisfasse à la condition de régularité indiquée dans une précédente note (condition de quasi-convexité locale) ([2]).

III. D'autres exemples de fonctions multiformes croissantes d'argument ρ sont fournis par les ensembles I^ρ, S^ρ, $\mathcal{I}^\rho$, $\mathcal{S}^\rho$ [respectivement : plus petite et plus grande limite, limite topologique inférieure, limite topologique supérieure de la suite d'ensembles $\{(E_n)_\rho\}$ obtenue en faisant la construction de Cantor-Minkowski avec le rayon ρ sur les ensembles de la suite $\{E_n\}$]. J'énoncerai sans démonstration les résultats suivants : $\overline{I}_\rho$ *est continue à gauche,* $\mathcal{I}_\rho$ *est continue à droite,* $\overline{S}_\rho$ *et* $\mathcal{S}_\rho$ *sont confondues et bilatéralement continues à condition que la métrique satisfasse à la condition de quasi-convexité locale.*

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur une forme de l'équation du photon.* Note ([3]) de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'équation du photon a été écrite par M. Louis de Broglie ([4]) sous la forme

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\Phi}{\partial t} = \left[A_1\frac{\partial}{\partial x} + A_2\frac{\partial}{\partial y} + A_3\frac{\partial}{\partial z} + \frac{2\pi i}{h}(2\mu_0)cA_4\right]\Phi, \tag{1}$$

([1]) Kuratowski, *Fund. Math.*, 18, 1932, p. 155.

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1646.

([3]) Séance du 20 mai 1935.

([4]) *Une nouvelle conception de la lumière*, Paris, 1934.

où les matrices

$$(A_p)_{ik,lm} = \frac{1}{2}\left[(\alpha_p)_{il}\delta_{km} + (\overline{\alpha_p})_{km}\delta_{il}\right] \qquad \left[\overline{\alpha_p} = (-1)^{p+1}\alpha_p\right]$$

satisfont aux relations

$$(2) \qquad A_p A_q A_r + A_r A_q A_p = A_p \delta_{qr}, \qquad (A_p)^3 = A_p \qquad (p = 1, 2, 3, 4).$$

En vertu de l'étude des problèmes où interviennent des grandeurs d'univers, il semble intéressant de donner à l'équation (1) une forme possédant la symétrie relativiste. Cette forme ne peut s'obtenir par la fusion directe des équations de von Neumann, du corpuscule et de l'anticorpuscule, car, ainsi qu'on le constate facilement, l'équation obtenue n'admettrait plus la solution d'annihilation $\Phi^0_{ik} = \delta_{ik}$. On obtient, au contraire, une équation convenable en multipliant à gauche l'équation (1) par $i\Gamma_0$, où $(\Gamma_0)_{ik,lm}$ est la matrice $(\alpha_4)_{il}(\alpha_4)_{km}$.

En posant alors

$$ict = x^0, \qquad \alpha_4 = \gamma_0, \qquad i\alpha_4\alpha_1 = \gamma_1, \qquad i\alpha_4\alpha_2 = \gamma_2, \qquad i\alpha_4\alpha_3 = \gamma_3, \qquad \alpha_4^2 = 1 = \gamma_4,$$

on obtient l'équation

$$(3) \qquad \left[\Gamma_0\frac{\partial}{\partial x^0} + \Gamma_1\frac{\partial}{\partial x} + \Gamma_2\frac{\partial}{\partial y} + \Gamma_3\frac{\partial}{\partial z} - \frac{2\pi}{h}(2\mu_0)c\Gamma_4\right]\Phi,$$

où

$$(\Gamma_0)_{ik,lm} = \frac{1}{2}\left[(\gamma_0)_{il}(\gamma_0)_{km} + (\gamma_0)_{km}(\gamma_0)_{il}\right], \qquad (\Gamma_1)_{ik,lm} = \frac{1}{2}\left[(\gamma_1)_{il}(\gamma_0)_{km} + (\gamma_1)_{km}(\gamma_0)_{il}\right],$$

$$(\Gamma_2)_{ik,lm} = \frac{1}{2}\left[(\gamma_2)_{il}(\gamma_0)_{km} - (\gamma_2)_{km}(\gamma_0)_{il}\right], \qquad (\Gamma_3)_{ik,lm} = \frac{1}{2}\left[(\gamma_3)_{il}(\gamma_0)_{km} + (\gamma_3)_{km}(\gamma_0)_{il}\right],$$

$$(\Gamma_0)_{ik,lm} = \frac{1}{2}\left[(\gamma_4)_{il}(\gamma_0)_{km} - (\gamma_4)_{km}(\gamma_0)_{il}\right] = \frac{1}{2}\left[\delta_{il}(\alpha_4)_{km} - (\alpha_4)_{il}\delta_{km}\right] = -(A_4)_{ik,lm}.$$

Les matrices Γ sont hermitiques et la forme de Γ_4 montre que l'équation (3) admet encore la solution Φ^0_{ik}.

Les matrices Γ satisfont également aux relations (2).

En effet, les matrices A_p et Γ_0 sont liées par les relations

$$\Gamma_0^2 = 1, \qquad \Gamma_0 A_4 = A_4\Gamma_0, \qquad \Gamma_0 A_p + A_p\Gamma_0 = 0 \qquad (p = 1, 2, 3)$$

qui, en multipliant les relations (2) par $i(\Gamma_0)^3$ donnent

$$\Gamma_p\Gamma_q\Gamma_r + \Gamma_r\Gamma_q\Gamma_p = \Gamma_p\delta_{qr}, \qquad (\Gamma_p)^3 = \Gamma_p \qquad (p = 1, 2, 3, 4).$$

L'équation (3) permet d'exprimer le quadrivecteur densité-courant sous la forme symétrique $C_\mu = c/2i\Phi^*(\Gamma_4\Gamma_\mu + \Gamma_\mu\Gamma_4)\Phi$ $(\mu = 0, 1, 2, 3)$.

Pour $\mu = 0$, on retrouve la densité composante de temps

$$\Phi^{*}(\Gamma_4\Gamma_0 + \Gamma_0\Gamma_4)\Phi = \Phi^{*}(A_4)\Phi.$$

Dans le cas d'une onde plane monochromatique dirigée suivant l'axe OZ et en utilisant les expressions des fonctions d'ondes Φ données par M. Louis de Broglie (¹) l'on trouve la densité de valeur moyenne.

$$\rho u_z = -\frac{c}{2}\Phi^{*}(A_4A_3 + A_3A_4)\Phi = -\frac{c}{2}\cdot\frac{4p}{\Delta}\left[\frac{p^2}{\Delta^2} - 1\right][|C_1|^2 + |C_2|^2 + 2|C_0|^2],$$

or

$$\rho = \sum_{ij}\Phi_{ij}A_4\Phi_{ij} = \left[1 - \frac{p^4}{\Delta^4}\right][|C_1|^2 + |C_2|^2 + 2|C_0|^2],$$

d'où

$$\rho u_z = \frac{c}{2}\cdot\frac{4p}{\Delta}\cdot\frac{\rho\Delta^2}{\Delta^2 + p^2} = \rho\,\frac{pc^2}{W}.$$

L'on retrouve donc bien la forme classique $u_z = pc^2/W$ de la vitesse d'un corpuscule.

L'invariant

$$(2\mu_0)\Sigma\,\Phi^{*}_{ij}(\Gamma_0)\Phi_{ij} = (2\mu_0)\Sigma\,\Phi^{*}_{ij}(\alpha_4)_{il}(\alpha_4)_{jm}\Phi_{lm}$$

semble jouer un rôle correspondant à celui de l'invariant Ω_1 de la théorie de Dirac et caractériser la masse propre du photon, ce qui se confirme par le fait que Γ_0 est une matrice diagonale ne présentant que les valeurs ± 1 dont la densité de valeur moyenne dans le cas de l'onde plane s'écrit

$$(2\mu_0)\Phi^{*}_{ij}(\Gamma_0)\Phi_{ij} = \rho(2\mu_0)\frac{(2\mu_0)c^2}{W},$$

analogue à l'expression classique.

L'on peut également introduire directement les grandeurs de champs au moyen de l'équation (3).

Pour cela, on définit un opérateur vecteur quadripotentiel, et un opérateur tenseur antisymétrique champ électromagnétique, sous la forme

$$\vec{\mathcal{A}} = -K\vec{\Gamma}, \qquad \mathcal{F}_{\mu\nu} = -K\,\mathrm{Rot}\,\vec{\Gamma},$$

d'où les grandeurs électromagnétiques

$$A_\mu = \sum_{ik}\Phi^0_{ik}\,\mathcal{A}_\mu\Phi_{ik} = -K\sum_{ik}\Phi^0_{ik}\Gamma_\mu\Phi_{ik},$$

$$f_{\mu\nu} = \sum_{ik}\Phi^0_{ik}\,\mathrm{Rot}\,\vec{\mathcal{A}}\,\Phi_{ik} = -K\sum\Phi^0_{ik}\left(\frac{\partial\Gamma_\nu}{\partial x^\mu} - \frac{\partial\Gamma_\mu}{\partial x^\nu}\right)\Phi_{ik}.$$

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1165.

En utilisant les expressions des matrices Γ l'on obtient

$$A_\mu = -K(\gamma_0\gamma_\mu)_{em}\Phi_{em}, \qquad f_{\mu\nu} = K\frac{2\pi}{h}(2\mu_0)c(\gamma_0\gamma_\mu\gamma_\nu\gamma_4)_{lm}\Phi_{em}.$$

Dans une représentation au moyen des matrices α l'on retrouve les champs de M. Louis de Broglie.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la validité des solutions du problème des sillages.* Note de M. **Julien Kravtchenko**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons établi ([1]) certains théorèmes de validité concernant les solutions du problème des sillages, construites à partir des formules de M. Villat. Le courant fluide était supposé enfermé dans un canal à bords rectilignes ou limité par une seule paroi plane; la fonction arbitraire $\Phi(s)$ ([2]), caractérisant l'obstacle, était assujettie à vérifier l'inégalité

$$|\Phi(s)| \leqq \pi, \tag{1}$$

[nous rappelons que $\Phi(s)$ désigne l'angle de la tangente à l'obstacle avec la direction du courant à l'infini].

Dans le présent travail nous ferons les mêmes hypothèses; nous compléterons d'abord le théorème II énoncé dans la note précitée en généralisant une proposition de M. C. Jacob([3]), valable dans le cas symétrique. Ensuite nous ferons connaître une condition suffisante de validité.

I. Considérons un courant fluide enfermé dans un canal à parois planes. *La vitesse va en croissant le long de chacune de celles-ci depuis le point à l'infini en amont jusqu'au point à l'infini en aval.*

Dans le cas du fluide limité par une seule paroi plane on peut affirmer que *le long d'elle le sens des variations de la vitesse ne change qu'une fois.*

Nous avons établi ces propositions en suivant la marche même de M. C. Jacob et en tenant compte du théorème I de notre première Note.

II. Les résultats que nous avons rappelés permettent de réduire l'étude de la valadité à la vérification de la première condition de M. M. Brillouin ([4])

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 208.

([2]) Nous supposons évidemment que $\Phi(s)$ satisfait à la condition d'uniformité de M. Villat.

([3]) *Thèse* (sous presse).

([4]) *Annales de Physique et de Chimie*, 23, 1911, p. 145.

le long de l'obstacle. En reprenant les notations classiques cette condition s'écrira, d'après M. Villat ([1])

$$(2)\quad \frac{\omega_1}{\pi^2}\int_0^{\pi}[\Phi(s)-\Phi(\varepsilon)]\left[\zeta\frac{\omega_1}{\pi}(\varepsilon-s)+\zeta\frac{\omega_1}{\pi}(\varepsilon+s)\right]ds+\frac{2\eta_1\omega_1}{\pi^2}\varepsilon\Phi(\varepsilon)<0.$$

Nous appelons, suivant l'usage, $\tau(\varepsilon)$ le premier membre de cette inégalité. Construisons, d'autre part, le sillage en fluide indéfini à partir de la même fonction $\Phi(s)$; la vitesse, le long du nouvel obstacle, sera donnée par la formule bien connue de M. Villat ([2])

$$(3)\quad \tau_1(\varepsilon)=\frac{\sin s}{\pi}\int_0^{\pi}\frac{\Phi(s)-\Phi(\varepsilon)}{\cos s-\cos\varepsilon}ds.$$

Ceci posé, on a le théorème suivant :

La différence

$$\tau(\varepsilon)-\tau_1(\varepsilon)$$

est négative.

La démonstration repose sur l'emploi d'un artifice utilisé par M. J. Leray ([3]).

Corollaire. — *Une condition suffisante pour que l'inégalité* (2) *soit satisfaite par une fonction arbitraire assujettie à vérifier l'inégalité* (1) *et la condition de M. Villat,*

$$\int_0^{\pi}\Phi(s)\,ds=0,$$

est que cette fonction vérifie l'inégalité

$$\tau_1(\varepsilon)<0,$$

$\tau_1(\varepsilon)$ étant la fonction définie par l'expression (3).

Ce corollaire entraîne les conséquences suivantes. Les profils que M. Villat a fait connaître dans son Mémoire ([4]) fourniront en fluide limité par une ou deux parois planes des obstacles le long desquels les vitesses seront acceptables. Le théorème III de notre première Note apparaît alors comme un cas particulier de la proposition que nous venons d'énoncer.

([1]) Cf. Villat, *Annales de l'École Normale*, **29**, 1912, p. 127.

([2]) *Aperçus théoriques sur la résistance des fluides*, p. 9.

([3]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1282.

([4]) *Journal de Mathématiques*, 6e série, **10**, 1914, p. 231.

PHYSIQUE. — *Utilisations diverses de la suspension bifilaire.* Note de M. **F. Charron**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Considérons une petite barre horizontale pesante FF′, suspendue à deux fils verticaux égaux et parallèles AF, A′F′. Les fils sont soudés en A et A′ à deux têtes mobiles auxquelles nous imposons à partir de l'état d'équilibre précédent, une rotation θ_0 dans le même sens. Le système se déforme et le rectangle primitif AFA′F′ devient un quadrilatère gauche. La barre FF′ tourne d'un angle θ du sens de θ_0 en même temps qu'elle se soulève un peu.

Il s'établit un nouvel état d'équilibre dans lequel toute force verticale Z, ajoutée algébriquement au poids Mg de la barre, modifie l'angle θ, dont la valeur permet ainsi la mesure de Z.

Soit l la longueur commune des deux fils, C leur couple de torsion par unité de longueur et par unité d'angle, $2b$ la distance des têtes mobiles égale à la longueur de la barre (b est supposé petit devant l).

On trouve alors comme relation d'équilibre entre Z et θ :

$$(1) \qquad (Mg + Z)b^2 \sin\theta = 2C(\theta_0 - \theta),$$

laquelle donne, après différentiation,

$$d\theta = -\frac{b^2 \sin\theta \, dZ}{2C + (Mg + Z)b^2 \cos\theta}.$$

Il semble avantageux de se placer au voisinage de $\theta = \pi/2$. La formule devient remarquablement simple :

$$d\theta = -\frac{b^2}{2C} dZ,$$

L'étude de la stabilité montre que le coefficient C doit satisfaire à certaines conditions pour que cette position d'équilibre soit stable.

Sous cette forme l'appareil peut être très commode pour la mesure de petites forces verticales. Il peut servir de microbalance. Je l'ai utilisé comme électromètre absolu plan-sphère en remplaçant la barre par une sphère suspendue en deux points au-dessus d'un plan. L'attraction plan-sphère fut théoriquement étudiée par MM. Guillet et Aubert [1]. Elle varie très rapidement avec la distance plan-sphère. Un des avantages de la

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 9e série, 9, 1918, p. 58.

disposition précédente est dû au fait que des variations notables de θ n'ont qu'une répercussion insignifiante sur cette distance.

Si l'angle θ est voisin de $\pi/2$, la déviation varie linéairement avec la force, mais comme celle-ci est proportionnelle au carré de la différence de potentiel plan-sphère, la déviation varie plus vite que cette différence de potentiel.

On peut alors utiliser la relation (1) dans des conditions différentes de $\theta = \pi/2$ et trouver des intervalles dans lesquels Z^2 est approximativement proportionnel à la déviation $\Delta\theta$ à partir de l'état d'équilibre correspondant à $Z = 0$. Ainsi j'ai relevé expérimentalement les valeurs suivantes de Z, exprimées en grammes-poids, en fonction de la déviation $\Delta\theta$ à partir de $Z = 0$, exprimée en degrés

$\Delta\theta$	0	7	15	20	24
Z	0	4	16	36	64

Dans cet intervalle, on peut constituer un électromètre idiostatique dans lequel il y a proportionnalité approximative entre la différence de potentiel et la déviation.

Toutefois, au cours de la réalisation d'un électromètre de cette nature, on se heurte à plusieurs difficultés.

D'abord la question de l'amortissement, qui se trouve résolue, si l'ensemble plan-sphère est baigné par un diélectrique liquide, est ardue, si le système est plongé dans l'air. On peut amortir les oscillations tournantes d'une manière suffisante, soit en enfermant une certaine quantité de liquide de viscosité convenable à l'intérieur de la sphère, soit en y plongeant une tige verticale prolongée par un diaphragme circulaire fixe; la sphère porte deux ailettes intérieures, quand elle oscille, il se produit un transvasement d'air assurant un freinage efficace.

Une seconde difficulté vient de la répulsion qu'exercent entre eux les fils au même potentiel, répulsion dont l'effet seul pourrait servir de base à la construction d'un nouvel électromètre. Mais si l'on a en vue l'utilisation exclusive de l'attraction plan-sphère, il convient de loger chaque fil de suspension à l'intérieur d'un petit cylindre.

PHYSIQUE INSTRUMENTALE. — *Sur la principale cause d'infériorité des niveaux à bulles comparés aux bains liquides.* Note [1] de M. L. **Dunoyer**, présentée par M. Charles Fabry.

Si l'on souffle pendant deux ou trois secondes sur l'extrémité de la bulle d'un niveau sensible, on constate que celle-ci se déplace rapidement dans le sens de l'extrémité froide vers l'extrémité légèrement chauffée par l'haleine. Cet échauffement est évidemment très petit, et il est certain que, dans l'emploi normal des niveaux, des déplacements accidentels de la bulle beaucoup plus grands que la plus petite inclinaison théoriquement mesurable peuvent être produits, soit par des courants d'air, soit par éclairement inégal des deux extrémités de la bulle. Je me suis proposé d'étudier d'une manière précise la cause de ces déplacements.

Le problème peut être ramené à un problème plan en supposant que la fiole est de diamètre infini. Je considère donc une bulle formée sous la surface d'un cylindre indéfini de rayon de courbure égal à celui de la méridienne supérieure de la fiole (celle sous laquelle se déplacent les extrémités de la bulle). Si l'on appelle φ l'inclinaison sur l'horizontale de la tangente au profil de la surface libre du liquide, et si l'on prend comme axe des y la verticale passant par le point de raccordement, la théorie classique fournit pour la surface libre les équations

$$x = -\sqrt{A'_0}\left[\log\operatorname{tang}\frac{\varphi}{4} + 2\cos\frac{\varphi}{2} - \log\operatorname{tang}\frac{\varphi_0}{4} - 2\cos\frac{\varphi_0}{2}\right], \tag{1}$$

$$y = 2\sqrt{A'_0}\sin\frac{\varphi}{2}, \tag{2}$$

dans le cas où le coefficient de Laplace A'_0 est partout le même, φ_0 étant l'angle de raccordement.

Ces formules montrent que la surface libre n'est rigoureusement horizontale qu'à l'infini. Mais le calcul numérique de la première montre aussi que son inclinaison tend vers zéro avec une extrême rapidité. A une distance de raccordement égale à 10 fois la hauteur de la bulle, c'est-à-dire à une distance d'une vingtaine de millimètres, l'inclinaison de la surface libre est déjà inférieure à $0'',01$. Cela fixe le diamètre minimum qu'on peut donner à un bain liquide pour déterminer la verticale.

---

[1] Séance du 20 mai 1935.

Dans le cas où le coefficient de Laplace A′ n'est pas constant, l'intégration exacte de l'équation indéfinie de la surface libre, qui conduit aux équations (1) et (2) quand A′ est constant, ne peut s'effectuer que par approximation.

Si l'on appelle A'_1 le coefficient de Laplace au raccordement, la hauteur y_1 soulevée entre le plan horizontal tangent inférieurement (à l'infini) et le raccordement est donnée, lorsque le liquide mouille, par la formule

$$\frac{y_1^2}{2} = 2A'_1 - \frac{2}{3}\sqrt{A'_1}\left(\frac{dA'}{dq}\right)_1 \tag{3}$$

en appelant q la distance au raccordement du point où le coefficient de Laplace est A′. Si, à l'autre extrémité de la bulle supposée suffisamment longue, le coefficient de Laplace est affecté de l'indice o, la hauteur de liquide soulevée sera de même donnée par

$$\frac{y_0^2}{2} = 2A'_0 - \frac{2}{3}\sqrt{A'_0}\left(\frac{dA'}{dq}\right)_0. \tag{4}$$

Supposons donc que l'on échauffe localement la paroi du niveau au voisinage de l'extrémité 1. La surface libre au milieu de la bulle (suffisamment longue) reste horizontale. Mais la bulle doit se déplacer de manière que la hauteur soulevée à une extrémité soit y_1 et y_0 à l'autre. Son déplacement angulaire sera donné par

$$\theta = \frac{y_0 - y_1}{l},$$

l étant sa longueur ou, d'après (3) et (4),

$$\theta = \frac{1}{l}\left[2\frac{A'_0 - A'_1}{\sqrt{A'_0}+\sqrt{A'_1}} + \frac{2}{3}\frac{\sqrt{A'_1}}{\sqrt{A'_0}+\sqrt{A'_1}}\left(\frac{dA'}{dq}\right)_1 - \frac{2}{3}\frac{\sqrt{A'_0}}{\sqrt{A'_0}+\sqrt{A'_1}}\left(\frac{dA'}{dq}\right)_0\right], \tag{5}$$

le troisième terme disparaissant quand la température est uniforme à l'extrémité o.

Des expériences qui seront décrites ailleurs confirment les valeurs numériques que l'on peut calculer d'après la formule (5). Pour une bulle de 10^{cm} de longueur, le déplacement angulaire est d'environ 1″ pour une différence de température de 0°,1 entre les raccordements. Comme le coefficient de température de la tension superficielle, et par suite du coefficient de Laplace, varie peu d'un liquide à l'autre, le déplacement dépend également peu du liquide de remplissage.

La formule (5) montre aussi que ce n'est pas la différence des tempé-

ratures aux extrémités de la bulle qui joue seule un rôle; les termes dépendant du gradient de la température peuvent au contraire devenir prépondérants, surtout lors d'un échauffement instantané ou momentané de la paroi. C'est ce qui explique la soudaineté des mouvements de la bulle, qui se produisent avant que l'échauffement soit notable.

Cette théorie montre que *l'infériorité du niveau à bulle sur le bain liquide vient, non pas de ce que la surface libre en son milieu est moins parfaitement horizontale, mais de ce qu'on observe, au lieu de la normale à cette surface, la droite qui joint les raccordements.* C'est malheureusement ce mode même d'observation qui fait la commodité du niveau.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence de la lumière sur la polarisation anodique du tungstène.* Note de M. **Jean-P.-E. Duclaux**, présentée par M. Georges Urbain.

Une anode de tungstène en contact avec une solution acide présente un phénomène de polarisation anodique, avec formation d'une couche d'oxyde à très haute résistance (plusieurs dizaines de mégohms) sur laquelle vient peut-être s'adsorber de l'oxygène.

Ce phénomène n'est pas immédiat : le courant dans le circuit décroît très rapidement avec le temps et tend vers une valeur limite très faible qui, aux erreurs d'expériences près, est indépendante de la tension appliquée (tout au moins jusqu'à la tension de claquage qui est 90 volts environ) et est de l'ordre de quelques micro-ampères à la température ordinaire.

L'étude de cette polarisation permet de représenter la variation de l'intensité I en fonction du temps t par une relation de la forme :

$$I = I_\infty + C t^{-n},$$

I_∞ étant le courant limite pour des temps très longs, C une constante dans chaque expérience, n un exposant, fonction de la nature de l'électrolyte et de la température, mais indépendant du potentiel de polarisation et de la concentration de l'électrolyte (dans nos expériences il a toujours été compris entre 0,7 et 2).

La polarisation de la lame, si l'on supprime brusquement la tension appliquée, est elle-même un phénomène fugitif : lorsque l'on ferme la cellule, à travers une grande résistance, sur un galvanomètre, le courant décroît d'abord très rapidement avec le temps, la cellule se comportant

dans cette phase comme un condensateur en décharge, puis la dépolarisation se poursuit à un régime beaucoup plus lent et l'électrode retrouve son état initial au bout d'un temps très long (pour une résistance de 5 mégohms, il est de l'ordre de plusieurs heures).

Lors de sa phase de polarisation, une électrode de tungstène polie prend une coloration qui ne semble pas être une couleur de lame mince, mais qui doit être caractéristique de l'altération superficielle. La couleur dépend de la tension appliquée : pour des tensions croissantes elle est successivement brune, bleue, jaune.

Ces faits semblent montrer qu'en dehors d'une couche d'oxygène toujours possible sur la surface de la lame, le mécanisme de la polarisation doit relever de la formation de composés d'oxydation de tungstène, de natures différentes suivant la tension appliquée.

Sur une électrode de tungstène polarisée anodiquement, dans certains électrolytes, en particulier dans des solutions concentrées de SO^4H^2, la lumière ultraviolette provoque une dépolarisation qui se traduit par une brusque augmentation du courant; l'effet produit par la lumière cesse dès que la cellule est remise à l'obscurité (une étude faite en filtrant la lumière d'une lampe à vapeur de mercure en quartz, au moyens d'écrans, a montré que le phénomène est particulièrement sensible aux raies 3650 Å).

L'augmentation du courant par la lumière est indépendante de l'intensité du courant de polarisation à l'obscurité, mais varie considérablement avec la tension appliquée : cette variation peut se représenter par la formule

$$I_1 - I_0 = K\sqrt{V - V_0}.$$

I_1 étant le courant de polarisation à la lumière, I_0 ce même courant à l'obscurité, K une constante, V le potentiel de polarisation, V_0 une constante représentant vraisemblablement une force contre-électromotrice.

L'effet produit par la lumière présente un phénomène de fatigue extrêmement accentué. Il diminue en fonction du temps et tend vers une limite qui n'est généralement atteinte qu'au bout d'un temps très long (quelques dizaines d'heures); cette limite est de l'ordre du dixième de la valeur initiale.

Cette diminution de sensibilité est accompagnée d'une modification de la couleur de l'électrode. On peut dans certains cas observer par exemple qu'une lame bleue est devenue jaune sur la face éclairée, alors que la face non éclairée a conservé sa couleur.

La vitesse de dépolarisation spontanée d'une lame, après sa mise en court-circuit sur une résistance, est considérablement augmentée quand elle est soumise à la lumière ultraviolette.

Tous ces faits conduisent à penser que le mécanisme d'action de la lumière doit relever d'un déplacement des équilibres d'oxydo réduction de l'anode, auxquels doivent participer des états d'oxydation différents du tungstène.

ÉLECTROOPTIQUE. — *Sur la biréfringence électrique de l'oxygène et de l'azote liquéfiés.* Note de M. **Robert Guillien**, présentée par M. Aimé Cotton.

Au laboratoire Kamerlingh Onnes à Leyde, j'ai mesuré à différentes températures les biréfringences électriques de l'oxygène et de l'azote liquéfiés, par la méthode de Chauvin. En adoptant pour la constante de Kerr B du sulfure de carbone à 20° la valeur (1) $3,577.10^{-7}$ C.G.S., j'ai obtenu les valeurs suivantes pour l'oxygène liquide à 97,6 pour 100 (raie verte du mercure $\lambda = 5461$ Å).

$T_{K°}$	64,05	65,7	68,17	75,07	82,95	85,45	90,15
10^9B C.G.S	37,32	36,08	34,09	29,75	27,58	24,42	22,38

Ces valeurs sont un peu supérieures à une valeur déjà indiquée par Walch (2) $B = 20.10^{-9}$ pour une radiation d'une longueur d'onde voisine de 5200 Å pas très bien définie (filtre coloré) et une température que l'auteur n'indique pas exactement.

La théorie de l'orientation moléculaire telle qu'elle a été donnée par Langevin fait prévoir, à la température d'ébullition normale, la valeur $B = 25,5.10^{-9}$ C.G.S., alors que nous trouvons

$$B = (22,38 \pm 0,2).10^{-9} \text{C.G.S.}$$

Pour l'azote liquide à 99,8 pour 100 j'ai obtenu les valeurs suivantes (λ 5461):

T_k	63,29	66,17	67,5	71,59	77,40
10^9B C.G.S	10,92	10,23	9,90	9,02	8,06

(1) Chaumont, *Ann. de Phys.*, 5, 1916, p. 31.
(2) Walch, *Arch. Néerl.*, (5A), 9, 1925, p. 175.

La même théorie de l'orientation moléculaire fait prévoir à la température d'ébullition normale $B = 15.6.10^{-9}$ C. G. S., alors que nous avons trouvé $B = (8,06 \pm 0,08).10^{-9}$ C. G. S.

Pour l'oxygène comme pour l'azote liquides les résultats expérimentaux sont bien représentés par une fonction linéaire de l'inverse de la température absolue. Ceci confirme l'absence de moment électrique permanent pour les molécules de ces deux corps.

Des résultats plus complets, en particulier pour la dispersion du phénomène avec la longueur d'onde, seront publiés et discutés ultérieurement.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la création artificielle des éléments d'une famille radioactive inconnue, lors de l'irradiation du thorium par les neutrons.* Note de Mme **Irène Curie** et MM. **Hans von Halban** Jun. et **Pierre Preiswerk**, présentée par M. Jean Perrin.

On sait que les corps radioactifs naturels se groupent en trois familles dont les éléments dérivent les uns des autres, soit par émission d'une particule α, soit par émission d'une particule β. Tous les radioéléments de la famille du thorium ont des poids atomiques divisibles par 4, donc de la forme $4n$, n étant un nombre entier; ceux de la famille uranium-radium ont des poids atomiques de la forme $4n+2$; ceux de la famille de l'actinium, de la forme $4n+3$. Il devrait exister une quatrième famille radioactive de poids atomique de la forme $4n+1$, mais on ne l'a pas observée jusqu'ici dans la nature.

Les éléments qui appartiennent à cette nouvelle famille doivent pouvoir être créés par irradiation du thorium au moyen des neutrons. Nous avons entrepris de les mettre en évidence.

Les expériences sont particulièrement difficiles, car, en raison de la présence inévitable de radiothorium dans le thorium, il est nécessaire de purifier quotidiennement le thorium employé pour les irradiations, afin de le débarrasser du thorium X et de ses dérivés. La source d'irradiation était en général une ampoule contenant 300 à 700 millicuries de radon mélangé à de la poudre de glucinium. On a parfois irradié avec une ampoule de radon contenant du bore.

Il existe dans le thorium irradié au moins quatre radiolements créés artificiellement, de périodes environ 1 minute, 15 minutes, 25 minutes, 3 heures et demie, émetteurs de rayons β.

Le corps de période 25 minutes se produit avec une plus grande intensité quand l'irradiation est faite en présence de paraffine; ses propriétés chimiques sont celles du thorium. On peut déterminer sa période avec une assez grande précision quand on le débarasse du corps de période 3 heures et demie en précipitant deux fois le thorium par l'eau oxygénée; nous supposons que ce corps est l'isotope du thorium de poids atomique 233 obtenu par capture du neutron dans le thorium 232. Ces résultats concordent avec ceux qui ont été obtenus par Amaldi, etc. (1).

Le corps de période 3 heures et demie, qui n'avait pas encore été signalé, ne présente ni les propriétés chimiques du thorium (il passe dans le filtrat quand on précipite par H^2O^2 en présence de La), ni celles du protactinium (pas d'entraînement par le phosphate de Zr en solutipn HCl concentré), du radium (en présence de La et Ba il précipite par NH^3 et ne précipite pas par HCl concentré), ou de l'uranium (il ne passe pas en solution dans le carbonate d'ammoniaque avec l'uranium, en présence de La). Il ressemble au lanthane et il y a toutes raisons de supposer que c'est un isotope de l'actinium. La détermination de sa période est peu précise car on l'obtient avec des irradiations longues pendant lesquelles le ThX et ses dérivés se reforment dans le thorium purifié, et il faut ensuite les séparer.

Le corps de période 15 minutes a aussi des propriétés chimiques semblables à celles du lanthane, différentes de celles du thorium, de l'uranium, du radium et probablement du protactinium. Ce doit être encore un isotope de l'actinium. La période n'est pas connue d'une façon précise; car dans la mesure directe des produits irradiés on est très gêné par la formation de corps de période 25 minutes, et quand on fait la séparation chimique une grande partie du corps est détruite et, de plus, on ne sépare pas le corps du période 3 heures et demie.

Sur le radioélément de période environ 1 minute, aucun essai chimique n'a encore été fait. La période est probablement 1,2 à 1,3 minute (à moins qu'il n'y ait encore un radioélément de période 2 à 4 minutes, ce qui est possible d'après les courbes de décroissance; en ce cas la première période serait plus courte).

Hahn et Meitner (2) signalent deux corps de périodes 1 minute et 10 à 12 minutes, dont le premier serait un corps $^{229}_{88}A$ formé par expulsion

(1) E. Amaldi, O. d'Agostina, E. Fermi, B. Pontecorvo, F. Rasetti et F. Segrè, *Ricerca Scientifica*, 1. 1935, p. 7.

(2) *Naturwissenchaften*, 23, 1935, p. 320.

d'une particule α avec capture du neutron et le second, qui dériverait du premier, serait un isotope de l'actinium ${}^{229}_{89}\mathrm{A}$.

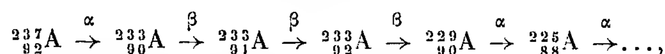
Nous pensons que le radioélément de période 1 minute est en effet très probablement un isotope du radium ${}^{229}_{88}\mathrm{A}$, mais il ne nous paraît pas prouvé que le corps de période 10 à 12 minutes (qui est probablement celui pour lequel nous trouvons une période voisine de 15 minutes) en dérive.

S'il existe deux corps isotopes de l'actinium, l'un doit être ${}^{229}_{89}\mathrm{A}$, qui dérive de ${}^{229}_{88}\mathrm{A}$, l'autre doit être ${}^{232}_{89}\mathrm{A}$, formé directement par capture du neutron et expulsion d'un proton dans ${}^{232}_{90}\mathrm{Th}$.

Il est difficile de prouver lequel des deux corps est ${}^{220}_{89}\mathrm{A}$ ou ${}^{232}_{89}\mathrm{A}$. Il est naturel de supposer que le corps le plus instable, celui de période 15 minutes, est le plus lourd ${}^{232}_{89}\mathrm{A}$, mais une inversion est toujours possible.

Le corps ${}^{232}_{89}\mathrm{A}$ redonne par émission d'un rayon bêta le thorium ordinaire. Au contraire les corps ${}^{233}_{90}\mathrm{A}$, ${}^{229}_{88}\mathrm{A}$ et ${}^{229}_{89}\mathrm{A}$ ont un poids atomique de la forme $4n+1$ et ne peuvent plus redonner par émission d'un rayon bêta ou d'un rayon alpha un corps d'une des familles radioactives connues.

Puisque le corps ${}^{293}_{90}\mathrm{A}$ émet des rayons bêta on peut prévoir pour la famille radioactive inconnue la succession :



$${}^{237}_{92}\mathrm{A} \xrightarrow{\alpha} {}^{233}_{90}\mathrm{A} \xrightarrow{\beta} {}^{233}_{91}\mathrm{A} \xrightarrow{\beta} {}^{233}_{92}\mathrm{A} \xrightarrow{\beta} {}^{229}_{90}\mathrm{A} \xrightarrow{\alpha} {}^{225}_{88}\mathrm{A} \xrightarrow{\alpha} \ldots,$$

c'est-à-dire une famille radioactive de même forme que celle de l'uranium-radium, que l'on pourrait peut-être trouver en faible quantité dans la nature, et qui dériverait d'un isotope rare de l'uranium. Les corps émetteurs de rayons alpha ${}^{237}_{92}\mathrm{A}$, ${}^{233}_{92}\mathrm{A}$ et ${}^{229}_{90}\mathrm{A}$ devraient avoir des périodes très longues.

Remarquons que les corps ${}^{229}_{88}\mathrm{A}$ et ${}^{229}_{89}\mathrm{A}$ n'appartiendraient pas à la famille radioactive naturelle : c'est leur dérivé ${}^{229}_{90}\mathrm{A}$ (analogue à l'ionium de la famille uranium-radium) qui en ferait partie. Parmi les radioéléments artificiels que nous avons observés lors de l'irradiation du thorium, seul le corps de période 25 minutes pourrait être trouvé dans la nature.

CHIMIE DES RADIOÉLÉMENTS. — *Entraînement du protactinium par le titane.* Note (1) de Mlle **H. Zavizziano**, présentée par M. Jean Perrin.

Jusqu'ici on avait toujours employé comme entraîneurs du protactinium, soit le tantale (en Ta^2O^5), soit le zirconium (en phosphate). Sur les indications de Mme Curie, j'ai étudié l'entraînement du protactinium

(1) Séance du 20 mai 1935.

par le titane, car celui-ci entre dans des composés plus courants dans le commerce que le tantale ou le zirconium.

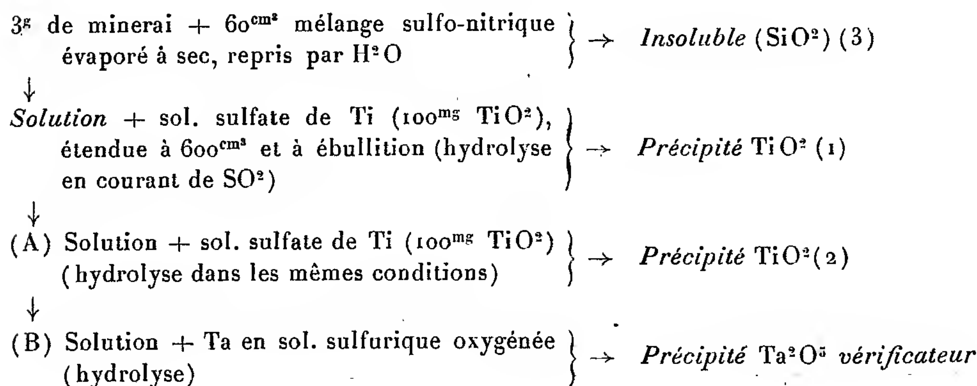
La réaction de précipitation utilisée a été l'hydrolyse de solutions légèrement acides de sulfate de titane. Nous avons fait les essais sur une pechblende canadienne, dont nous avions déjà établi la teneur en Pa au moyen des deux procédés cités plus haut, ainsi que celle en Ur.

Avant de procéder aux essais d'entraînement par le titane, nous avons cherché à voir comment se comportait ce dernier pendant les opérations qu'on allait lui faire subir. La seule perte sensible est celle qui a lieu lors de la précipitation de l'hydrate de titane par hydrolyse de ses solutions. Comme on se trouve en général en présence de fer, on est obligé d'effectuer l'hydrolyse en milieu suffisamment acide pour le maintenir en solution; de ce fait, la précipitation de l'hydrate de Ti est incomplète : on constate une perte de 12 pour 100 environ de TiO^2 en milieu 0,03 N. Mais comme l'hydrate de protactinium, lui, précipite complètement, même en milieu acide, il est entraîné en totalité par celui de Ti. C'est ce que nous avons pu vérifier en ajoutant du tantale à une solution dont on avait enlevé le protactinium par du titane, et en mesurant l'activité de Ta^2O^5 (obtenu aussi par hydrolyse), activité qui s'est montrée nulle.

Les autres opérations telles que : évaporation de la solution fluorhydrique en présence de SO^4H^2, entraînement des impuretés radioactives, ne comportent aucune perte, pas plus en Ti qu'en Pa.

Cela fait, nous avons procédé à l'entraînement de Pa dans le minerai. Voici le schéma général des opérations. Nous avons traité séparément chaque précipité de titane, ainsi que la silice inattaquée du minerai, pour voir comment se répartissait le protactinium.

Analyse I.



Les précipités d'hydrates furent lavés avec une solution à 2 pour 100 de SO^4Am^2 et ensuite dissous dans ($FH + SO^4H^2$). Le résidu silicieux fut fondu avec SO^4KH en présence de 100^{mg} de TiO^2, repris par l'eau, hydrolysé; le précipité formé dissous dans ($FH + SO^4H^2$), et SiO^2 chassé par évaporation en FH.

Chaque préparation fut purifiée radioactivement par addition de quelques gouttes de solutions à 1 pour 100 de nitrates de Ba, Th, Bi, Pb, ensuite débarassée de FH par évaporation, reprise par H^2O et hydrolysée dans les mêmes conditions que précédemment. Les précipités calcinés, finement pulvérisés, furent étendus sur disques en couche épaisse et leurs activités respectives établies par rapport à un même disque de U^3O^8 dans un électromètre de Wulf bifilaire. Pour constater les pertes possibles en Pa au cours des purifications radioactives, les cendres des filtres ayant servi à cette fin furent fondues avec SO^4KH en présence de Ta^2O^5; celui-ci fut purifié à son tour et examiné pour son activité, qui se montra presque nulle.

Analyse II. — Afin d'avoir tout le protactinium réuni en une seule préparation, nous avons procédé à une deuxième analyse du même minerai, mais, au lieu de traiter chaque précipité à part, nous avons joint leurs solutions fluorhydriques ensemble, ainsi que la silice, que nous avons éliminée par évaporation en FH.

Résultats.

Analyse I. — Premier précipité TiO^2 : 57 % du Pa; silice : 40 % du Pa. — Deuxième précipité TiO^2 : 1,7 % du Pa; Ta vérificateur : 0,2 % du Pa.

Analyse II. — La préparation unique réunit les 98 % du Pa. Ta vérificateur : 1 %.

Conclusions. — D'après nos expériences, nous voyons que le titane constitue un entraîneur aussi bon et peut-être meilleur du protactinium que les deux autres utilisés jusqu'ici. Par son moyen, il suffit d'une seule précipitation pour rassembler la presque totalité du protactinium contenu dans une solution. Il a en outre l'avantage de se mettre plus facilement en solution acide que le tantale. Il est certain qu'une des meilleures précipitations de Pa à utiliser pour son entraînement est l'hydrolyse de ses sels, hydrolyse qui se fait très aisément même en solution acide. Comme Pa se dépose en premier, on peut utiliser cette propriété pour le concentrer, et le séparer petit à petit de son entraîneur le titane.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Grande et brusque variation de la perméabilité du palladium à l'hydrogène un peu au-dessous de* 200°C. Note [1] de MM. **Victor Lombard** et **Charles Eichner**, présentée par M. Georges Urbain.

Poursuivant nos recherches sur la variation de la perméabilité du palladium à l'hydrogène [2] avec la température, nous avons fait de nouvelles et nombreuses déterminations (600 environ) avec deux lames de $0^{mm},074$ et $0^{mm},259$ d'épaisseur, étendant le champ de nos investigations au-dessous de 250°C., ce qui n'avait jamais été fait. (Diffusion dans le vide; pression de H^2 sur la face d'entrée : 760^{mm} Hg.)

La lame de $0^{mm},074$ était en palladium commercial (Pd *d*) d'une autre origine que celles de nos déterminations précédentes (Pd *a*, *b*, *c*).

La lame de $0^{mm},259$ provenait d'un lingot affiné avec un très grand soin dans le but de nos recherches. Elle était constituée par un métal bien plus pur que toutes les autres lames utilisées antérieurement (Pd p_1). De ce point de vue l'ensemble des résultats obtenus avec elle présente un intérêt particulier.

D'une façon générale nos résultats antérieurs sur l'influence de l'état de pureté du métal et celle de la température ont été confirmés dans la zone au-dessus de 250°C., la seule explorée antérieurement.

Nous nous contenterons d'exposer nos observations au-dessous de 250°C. :

La lame de $0^{mm},074$ perdait les 9995 dix-millièmes de son pouvoir diffusant par refroidissement de 225° à 125°C.; elle les retrouvait d'ailleurs à l'échauffement bien qu'avec un léger retard; les grandes variations du pouvoir diffusant se sont produites au voisinage de 180° au refroidissement et de 190° à l'échauffement (deux variations dans les deux sens) (voir *fig.* 1, A et B).

La lame de $0^{mm},259$ s'est comportée d'une façon analogue, à cette différence près que les grandes variations du pouvoir diffusant, surtout au refroidissement, se sont produites quelques degrés plus bas, conséquence probable de l'état de pureté du métal (trois variations de la température dans les deux sens) (voir *fig.* 2).

---

(1) Séance du 20 mai 1935.

(2) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1929; **195**, 1932, p. 322; **196**, 1933, p. 1998; **198**, 1934, p. 199; *Bull. Soc. Chim.*, **51**, 1932, p. 1462; **53**, 1933, p. 1176; **55**, 1834, p. 945 et 954.

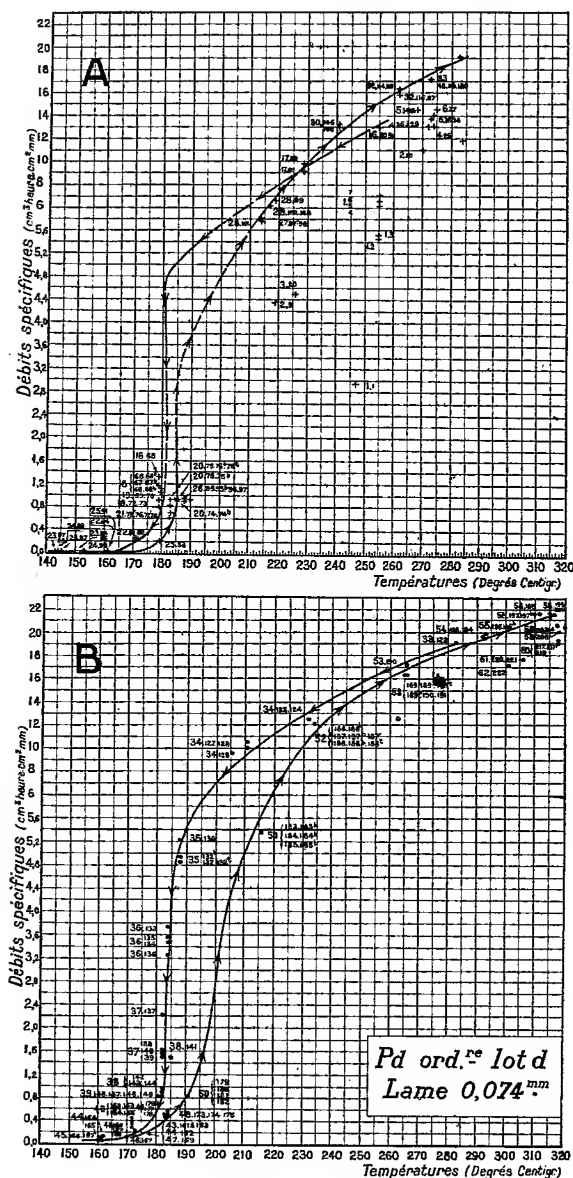


Fig. 1.

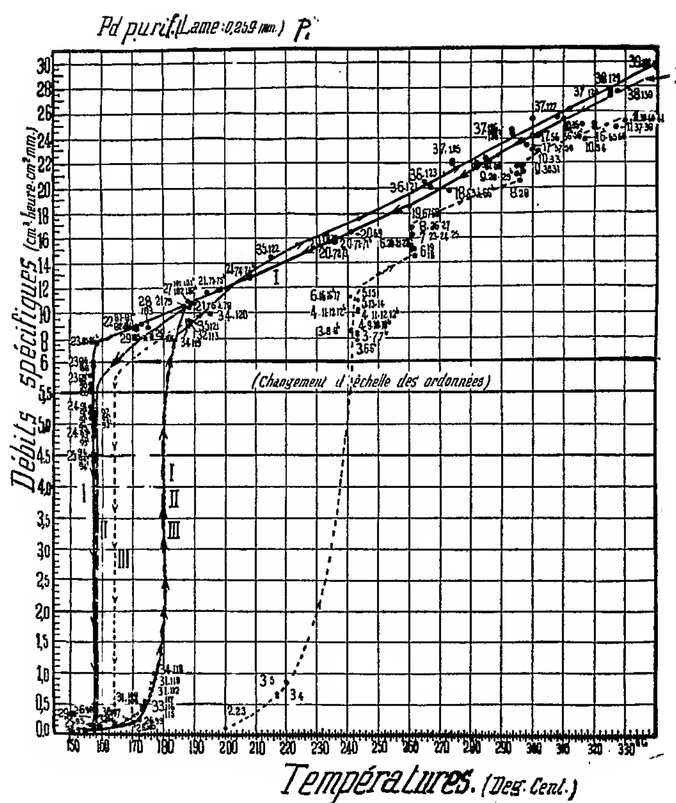


Fig. 2.

(Les points au-dessous des courbes en traits pleins correspondent à des mesures antérieures à l'établissement de l'état de régime.)

Les figures obtenues par la représentation graphique de nos résultats ont l'aspect de cycles d'hystérésis ([1]).

Interprétation. — Nous pensons qu'un peu au-dessous de 200°C. il y a, non pas changement d'état du palladium, mais changement dans la façon de se comporter de l'hydrogène vis-à-vis du métal.

PHYSICOCHIMIE. — *Étude des inégalités d'indice à l'intérieur d'un verre.* Note ([2]) de Mlle **Niuta Klein**, présentée par M. Charles Fabry.

Quand un bloc de verre est destiné à la construction d'un appareil optique, il est utile de connaître la distribution des indices dans sa masse.

L'étude de cet échantillon de verre sous l'interféromètre (par immersion pour éviter l'effet des faces) ([3]), combinée avec les mesures d'indice faites directement sur les faces, permet de décrire complètement la forme des surfaces d'égal indice à l'intérieur du verre.

On a étudié en premier lieu plusieurs plateaux d'un boro silicate-crown finement recuit (diamètre 120^{mm}, épaisseur 30^{mm}). Les résultats sont analogues pour tous ces échantillons. En regardant par le côté on trouve sous l'interféromètre pour $\lambda = 0^{\mu},546$ un nombre de franges correspondant à une différence d'indice entre les faces extrêmes de l'ordre de 3×10^{-5} à 5×10^{-5} ([4]).

Deux de ces plateaux ont été placés ensuite dans un four électrique à résistance et chauffée rapidement (en 2 heures environ) jusqu'à 600°. Après avoir maintenu cette température pendant 8 heures, on a refroidi les échantillons en provoquant un courant d'air froid dans le four (pendant 24 heures environ).

Ensuite on a repris les mesures avec ces deux plateaux.

([1]) Sur les figures chaque point représentatif est accompagné de 2 nombres : le premier indique le quantième du jour de la mesure; le second indique le numéro d'ordre de cette dernière. Les numéros d'ordre renvoient à des tableaux qui seront publiés avec le détail de nos recherches dans un autre Recueil.

([2]) Séance du 20 mai 1935.

([3]) *Compte rendu des réunions de l'Institut d'Optique*, 3, 1932, p. 101-111.

([4]) Chaque frange représente une ligne d'indice moyen pour l'épaisseur considérée. La différence d'indice entre deux points est donnée par la formule $n - n' = k\lambda/2$; (e, épaisseur observée; k, nombre de franges observées entre les deux points; λ, longueur d'onde).

La figure 1 représente l'aspect du premier sur lequel le courant d'air arrivait dans la direction de la ligne AB.

Le nombre total des franges vues sous l'interféromètre entre A et B est de 120 pour $\lambda = 0^{\mu},546$, ce qui correspond à une variation totale d'indice égale à 110×10^{-5}. Les mesures à la surface montrent que cette variation y est continue. Le phénomène conserve probablement la continuité à l'intérieur du verre. Les lignes d'égal indice ont en effet des formes voisines dans les deux cas.

Il est à signaler sur la surface l'existence des deux régions perturbées. Dans ces

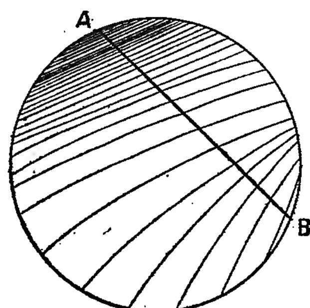


Fig. 1 *a*.

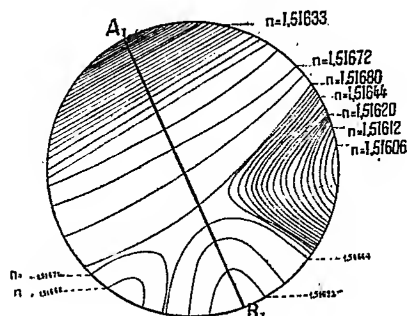


Fig. 1 *b*.

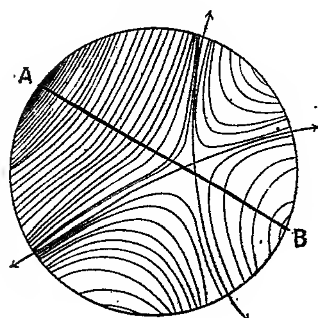


Fig. 2 *a*.

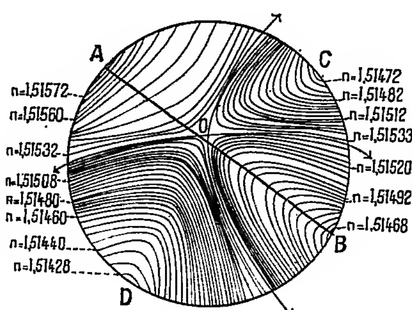


Fig. 2 *b*.

Pour la clarté du dessin on a représenté une frange sur quatre seulement.
Côté *a*, représente les échantillons vus sous l'interféromètre; côté *b*, les lignes d'égal indice mesuré à la surface.

régions disposées symétriquement par rapport à A_1B_1, les lignes d'égal indice affectent une forme qu'on retrouve dans toute l'épaisseur du second échantillon. La variation d'indice y est très rapide et change de sens. Elle reste cependant continue. Cette perturbation probablement purement superficielle (1) est vraisemblablement provoquée par les courants d'air déviés par l'échantillon et réfléchis sur la paroi du four.

(1) Sur une des faces de l'échantillon on a enlevé par polissage une mince couche de verre. La perturbation a beaucoup diminué.

Les lignes d'égal indice étant approximativement des droites parallèles, les surfaces d'égal indice sont des plans. Leur inclinaison sur la normale aux faces planes est de 30° environ, comme l'indique l'étude sous l'interféromètre. La différence d'indice entre les deux faces pour $\lambda = 0^{\mu},546$ est égale à 9×10^{-5} (mesures directes, étude sous l'interféromètre).

La figure 2 présente l'aspect du second échantillon qui dans le courant d'air se trouvait dans le sillon du premier.

Les lignes d'égal indice sont cette fois des hyperboles ayant une allure analogue à l'intérieur du verre et à sa surface. Seule la direction des asymptotes est différente dans les deux cas. Il est à remarquer que les asymptotes ont une direction fixe dans toute l'épaisseur du verre et la rotation ne se produit qu'à la surface même ([1]). L'indice croît d'une manière continue entre A et B, décroît de O à C et de O à D. On trouve sous l'interféromètre, 140 franges entre A et B, donc une variation d'indice de 128×10^{-5} pour $\lambda = 0^{\mu},546$; le long des asymptotes la variation d'indice est nulle. Ces résultats sont confirmés par la mesure directe. L'étude par le côté montre des franges elliptiques. Les surfaces d'égal indice ressemblent à des hyperboloïdes à deux nappes (deux sections orthogonales sont respectivement : une hyperbole et une ellipse).

Les deux exemples cités suffisent pour illustrer l'emploi de la méthode qui a été signalée au début. Elle permet de connaître exactement les variations d'indice dans un échantillon de verre, variations qui produisent dans un instrument d'optique le même effet que les aberrations. Leur détermination d'abord, leur suppression ensuite mérite donc une étude attentive.

Ces expériences ont été effectuées avec la collaboration de M. Arnulf, en utilisant sa méthode de l'interféromètre à immersion.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Méthode de séparation quantitative du nickel et du cobalt.* Note ([2]) de M. **Elie Raymond**, présentée par M. Georges Urbain.

Il existe de nombreux procédés de séparation du nickel et du cobalt ([3]); la plupart de ces méthodes quoique de sensibilités très inégales, sont satisfaisantes en analyse qualitative, mais il n'en est plus de même au point de vue quantitatif.

([1]) Une mince couche de verre étant enlevée par polissage on a repris les mesures d'indice. On a obtenu la même direction d'asymptote que par l'étude à l'interféromètre.

([2]) Séance du 15 avril 1935.

([3]) Wunschendorf et Mme Valier, *Bulletin de la Société chimique de France*, 5e série, 1, 1934, p. 85 et 1480; Colani, *ibid.*, 5e série, 1, 1934, p. 1479.

J'ai trouvé que la triéthylolamine $(CH^2OHCH^2)^3N$ permet une séparation facile et rigoureuse de ces deux métaux.

L'addition de quantités croissantes de triéthylolamine, à un sel de cobalt ou de nickel, précipite d'abord les hydrates métalliques (1), qui se redissolvent ensuite en donnant une liqueur violette dans le cas du cobalt et vert bleu avec les sels de nickel (2).

J'ai constaté que l'on obtient ainsi, en présence d'un excès de triéthylolamine, des solutions complexes de cobalt parfaitement stables à froid et à chaud, tandis que, dans les mêmes conditions, les solutions complexes de nickel ne sont stables qu'à froid et déposent à chaud de l'hydrate de nickel en quantité d'autant moindre que l'excès de triéthylolamine est plus grand.

L'addition d'un excès de triéthylolamine à un mélange de sels de nickel et de cobalt ne permet donc pas de séparer ces deux métaux car la précipitation du nickel est toujours incomplète.

Mais il n'en est plus de même si l'on opère en milieu fortement alcalin, en présence d'un excès de soude par exemple. A chaud le complexe de nickel est alors complètement décomposé, tandis que tout le cobalt reste en solution : l'hydrate de nickel précipite quantitativement sous une forme facile à filtrer quoiqu'il passe certainement par l'état colloïdal; il est toutefois nécessaire de le purifier car il absorbe énergiquement les alcalis.

La solution contient le cobalt que l'on peut précipiter à l'état de sulfure par l'hydrogène sulfuré, après avoir détruit le complexe aminé par addition d'un léger excès d'acide acétique. Il faut alors transformer le sulfure en sulfate ce qui est assez long.

Il serait bien préférable de séparer le cobalt métallique par électrolyse, mais la triéthylolamine empêche le dépôt du métal, même si l'on neutralise la solution.

Ce procédé devient cependant applicable en présence d'un grand excès de sulfate d'ammonium (la triéthylolamine passe alors à l'état de sulfate) mais le dépôt métallique ne se forme que très lentement et doit être constamment surveillé, car la solution peut devenir acide (par oxydation anodique de l'ammoniaque), ce qui entraîne alors une dissolution partielle du métal déposé.

Il est possible d'éviter cette difficulté et d'obtenir rapidement (en quatre

---

(1) Fischer, *Wissens. Veröffentl. aus Siemens Konzern*, 4, 1925, p. 171.

(2) Jaffe, *Ann. chimica applicata*, 22, 1932, p. 737; *Ind. Chimica*, d'après *Chimie et Industrie*, 32, 1935, p. 173 D.

heures environ) un dépôt très adhérent de cobalt : il suffit d'ajouter de l'urée à la solution neutralisée, de façon à maintenir à peu près constant le pH du milieu.

Pour séparer qualitativement le nickel et le cobalt il suffira d'ajouter au mélange un léger excès de triéthylolamine, puis un large excès de soude. L'hydrate de nickel précipite par chauffage tandis que le cobalt donne une solution violet pourpre.

Pour effectuer une séparation quantitative il faut opérer comme suit :

Le mélange de sels de nickel et de cobalt (1^{at} de métal) additionné d'un excès (10^{mol}) de solution à 20 pour 100 de triéthylolamine, puis d'un excès de soude pure (100^{mol}) est étendue (100^{l}), puis portée à l'ébullition : l'hydrate de nickel précipite quantitativement; on le lave, jusqu'à ce que le filtrat passe incolore, avec une solution de soude centinormale. Après avoir dissout l'hydrate dans l'acide sulfurique dilué, on dose le nickel par életrolyse.

Le filtrat, neutralisé par l'acide sulfurique puis additionné d'un excès d'urée (environ 150^{mol} par atome de métal), est électrolysé comme d'ordinaire : le dépôt de cobalt est terminé en quelques heures.

Il faut absolument éviter la présence du fer dans la triéthylolamine et les réactifs utilisés : en effet ce métal se comporte comme le cobalt au cours du dosage et se dépose également pendant l'électrolyse, ce qui conduit évidemment à des résultats trop élevés.

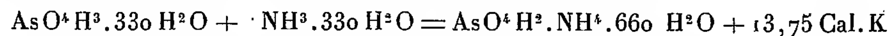
Les nombres ci-dessous indiquent la précision de la méthode :

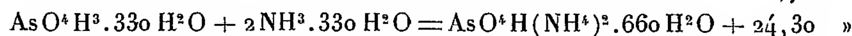
Poids de nickel.		+	Poids de cobalt.	
Prélevé.	Obtenu.		Prélevé.	Obtenu.
0,003	0,003		0,242	0,242
0,125	0,125		0,125	0,1245
0,250	0,2495		0,005	0,005

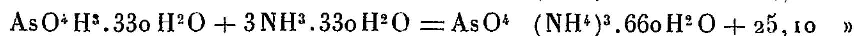
CHIMIE MINÉRALE. — *Thermochimie des arséniates d'ammonium.* Note de M. **André de Passillé**, transmise par M. Georges Urbain.

Pour faire suite à une Note publiée en collaboration avec M. Matignon, sur la préparation et les propriétés des arséniates d'ammonium, je donne ici aujourd'hui les valeurs thermochimiques déterminées sur ces sels, au moyen du calorimètre de Berthelot.

Chaleurs de neutralisation à 15°C. — Les solutions d'acide arsénique utilisées contenaient 1/6e de AsO^4H^3 par litre. Les solutions d'ammoniaque étaient de concentrations telles qu'un volume d'acide était neutralisé par un égal volume de base. J'ai obtenu dans ces conditions

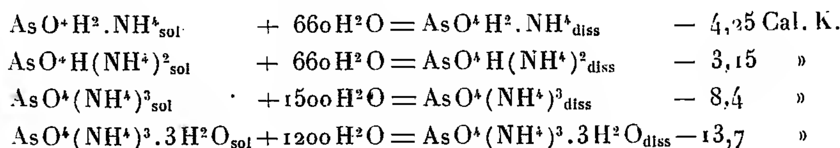

$AsO^4H^3.330\,H^2O + NH^3.330\,H^2O = AsO^4H^2.NH^4.660\,H^2O + 13,75$ Cal. K


$AsO^4H^3.330\,H^2O + 2NH^3.330\,H^2O = AsO^4H(NH^4)^2.660\,H^2O + 24,30$ »


$AsO^4H^3.330\,H^2O + 3NH^3.330\,H^2O = AsO^4(NH^4)^3.660\,H^2O + 25,10$ »


$AsO^4H^3.330\,H^2O + 6NH^3.330\,H^2O$ 25,60 »

Chaleurs de dissolution à 15°C. — Faites sur des échantillons préparés ainsi qu'il a été déjà indiqué (¹) et purifiés par des cristallisations répétées, elles ont donné les résultats suivants :



$AsO^4H^2.NH^4_{sol} + 660\,H^2O = AsO^4H^2.NH^4_{diss}$ — 4,25 Cal. K.

$AsO^4H(NH^4)^2_{sol} + 660\,H^2O = AsO^4H(NH^4)^2_{diss}$ — 3,15 »

$AsO^4(NH^4)^3_{sol} + 1500\,H^2O = AsO^4(NH^4)^3_{diss}$ — 8,4 »

$AsO^4(NH^4)^3.3H^2O_{sol} + 1200\,H^2O = AsO^4(NH^4)^3.3H^2O_{diss}$ — 13,7 »

Chaleurs de formation. — Des différentes valeurs des chaleurs de neutralisation et des chaleurs de dissolution, il serait facile de déduire les chaleurs de formation si l'on connaissait la chaleur de dissolution de l'ammoniac et celle de l'acide arsénique. Cette valeur est bien connue pour l'ammoniac (+ 8,480 Cal. K) (²); Thomsen donne pour l'acide arsénique (— 0,406 Cal. K) (³), mais il est permis de douter de l'exactitude de ce chiffre, car l'existence de l'acide AsO^4H^3 n'a pu être démontrée (⁴).

Kopp (⁵) a indiqué la préparation de cet acide, mais depuis, Joly (⁶) et Auger (⁴) ont vainement cherché à le reproduire.

J'ai cependant repris les travaux de Kopp, mais je n'ai réussi à préparer que deux hydrates bien définis $As^2O^5.4\,H^2O$ et $3\,As^2O^5.5\,H^2O$ dont les chaleurs de dissolution m'ont donné respectivement — 1,20 Cal. K$\left(\frac{18°C}{350\,H^2O}\right)$ et + 1,32 Cal. K$\left(\frac{17°C}{500\,H^2O}\right)$ (valeurs pour un atome d'arsenic), ce qui les identifie avec les hydrates d'Auger et ceux que Joly avait cru être $As^2O^5.4H^2O$ et $2As^2O^5.3H^2O$ et dont il avait trouvé pour chaleurs de dissolution respectives — 1,3 Cal. K$\left(\frac{15°C}{300\,H^2O}\right)$ et + 1,38 Cal. K$\left(\frac{15°}{300\,H^2O}\right)$ (valeurs pour un atome d'arsenic).

De tout ceci on peut conclure que l'existence des deux hydrates $As^2O^5.4H^2O$ et $3As^2O^5.5H^2O$ est amplement démontrée mais que l'acide orthoarsénique $As^2O^5.3H^2O$ n'a jamais été préparé.

Je crois donc préférable de donner les chaleurs de formation des arsé-

---

(¹) C. Matignon et de Passillé, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 777.

(²) *International Critical Tables*, 5, p. 178-180.

(³) *Thermo U.*, 2, p. 232.

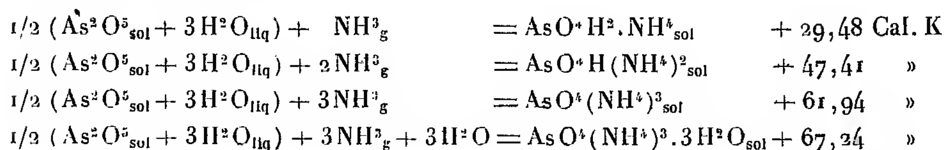
(⁴) *Comptes rendus*, **146**, 1908, p. 586; **197**, 1933, p. 1639.

(⁵) *Ann. de Ch. et de Phys.*, 3ᵉ série, **48**, 1856, p. 106.

(⁶) *Comptes rendus*, **101**, 1885, p. 1262.

niates d'ammonium à partir de l'anhydride arsénique dont la chaleur de dissolution (+ 6,0 Cal.K) (¹) est connue.

On peut calculer ainsi :



$$1/2\,(As^2O^5_{sol} + 3H^2O_{liq}) + NH^3_g = AsO^4H^2.NH^4_{sol} \quad + 29,48 \text{ Cal. K}$$
$$1/2\,(As^2O^5_{sol} + 3H^2O_{liq}) + 2NH^3_g = AsO^4H(NH^4)^2_{sol} \quad + 47,41 \text{ »}$$
$$1/2\,(As^2O^5_{sol} + 3H^2O_{liq}) + 3NH^3_g = AsO^4(NH^4)^3_{sol} \quad + 61,94 \text{ »}$$
$$1/2\,(As^2O^5_{sol} + 3H^2O_{liq}) + 3NH^3_g + 3H^2O = AsO^4(NH^4)^3.3H^2O_{sol} + 67,24 \text{ »}$$

CHIMIE. — *Sur les isoamyloxyvanadylsalicylates.* Note de M. **Pierre Brauman**, transmise par M. Georges Urbain.

J'ai donné (²) une méthode générale de préparation des alcoyloxyvanadylsalicylates d'alcoyle et d'aryle du type $RO(VO)OC^6H^4CO^2R'$ où R et R' représentent des radicaux aliphatiques ou cycliques. Cette méthode consiste à faire agir CO^3Li^2 sur la solution, dans un alcool, de chlorure de vanadyle hydraté $VOCl^2$ aq. (à 50 pour 100 de $VOCl^2$), et d'un salicylate. On obtient de bons résultats avec les alcools méthylique, éthylique et propylique; il est plus difficile déjà de préparer les composés à base des divers alcools butyliques; enfin, avec l'alcool isoamylique, on n'obtient rien dans ces conditions, $VOCl^2$aq. étant trop peu soluble à froid dans ce produit, et l'eau introduite par lui provoquant l'hydrolyse de l'isoamyloxyvanadylsalicylate cherché.

On sait que l'alcool isoamylique, qui bout à 130°, peut être facilement désséché par simple distillation, l'eau étant éliminée dans les premières fractions.

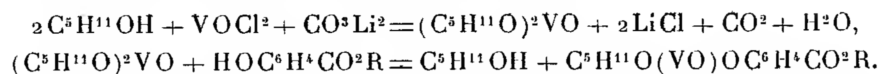
La même opération, effectuée après addition de $VOCl^2$aq., permet d'obtenir des solutions, pratiquement exemptes d'eau, de $VOCl^2$ dans $C^5H^{11}OH$. Il suffit pour cela de faire bouillir le mélange jusqu'à ce que la vapeur atteigne une température de 129-130°.

Si à cette solution chaude, on ajoute CO^3Li^2 en quantité théorique, il y a départ de CO^2, la liqueur verte brunit. Il se forme probablement de l'isoamylate de vanadyle, qu'il n'a pas été possible d'isoler. Après filtration, on ajoute la quantité théorique de salicylate d'alcoyle ou d'aryle; l'isoamyloxyvandylsalicylate correspondant précipite ou cristallise après

(¹) Thomsen, *Thermo U.*, **2**, p. 232.
(²) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 166.

refroidissement; on le lave à l'alcool isoamylique, puis à l'éther sulfurique anhydre; on le sèche ensuite dans le vide sur de la chaux.

Les réactions sont probablement les suivantes :

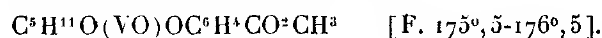


$$2\,C^5H^{11}OH + VOCl^2 + CO^3Li^2 = (C^5H^{11}O)^2VO + 2\,LiCl + CO^2 + H^2O,$$
$$(C^5H^{11}O)^2VO + HOC^6H^4CO^2R = C^5H^{11}OH + C^5H^{11}O(VO)OC^6H^4CO^2R.$$

Les isoamyloxyvanadysalicylates se présentent sous la forme de cristaux allant du bleu très pâle au bleu foncé suivant leur grosseur. Ils sont solubles à chaud en brun verdâtre dans l'alcool isoamylique et en brun dans le benzène, insolubles dans l'éther.

On peut les fondre, à condition d'opérer dans le vide afin d'éviter l'action de l'oxygène de l'air et de la vapeur d'eau. Le produit fondu est noir ou brun; après refroidissement, il cristallise très lentement et reprend sa couleur primitive

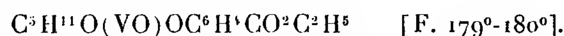
Isoamyloxyvanadylsalicylate de méthyle. Bleu vif :



$C^5H^{11}O(VO)OC^6H^4CO^2CH^3$ [F. 175°,5-176°,5].

Calculé °/₀ : V, 16,72; C, 51,15; H, 5,90. Trouvé : V, 16,46; C, 50,96; H, 6,22.

Isoamyloxyvanadylsalicylate d'éthyle. Bleu vif :



$C^5H^{11}O(VO)OC^6H^4CO^2C^2H^5$ [F. 179°-180°].

Calculé °/₀ : V, 15,99; C, 52,67; H, 6,27. Trouvé : V, 15,69; C, 52,28; H, 6,46.

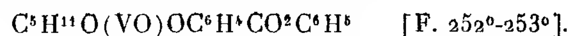
Isoamyloxyvanadylsalicylate d'isoamyle. Indigo :



$C^5H^{11}O(VO)OC^6H^4CO^2C^5H^{11}$ [F. 149°,5-151°,5].

Calculé °/₀ : V, 14,12; C, 56,51; H, 7,20. Trouvé : V, 13,99; C, 56,04; H, 7,25.

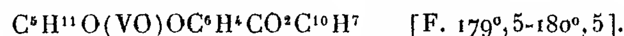
Isoamyloxyvanadylsalicylate de phényle. Bleu pâle :



$C^5H^{11}O(VO)OC^6H^4CO^2C^6H^5$ [F. 252°-253°].

Calculé °/₀ : V, 13,90; C, 58,85; H, 5,45. Trouvé : V, 13,88; C, 58,48; H, 5,66.

Isoamyloxyvanadylsalicylate de β-naphtyle. Bleu pâle :



$C^5H^{11}O(VO)OC^6H^4CO^2C^{10}H^7$ [F. 179°,5-180°,5].

Calculé °/₀ : V, 12,23; C, 63,31; H, 5,28. Trouvé : V, 12,10; C, 63,11; H, 5,56.

Le carbone et l'hydrogène ont été dosés par microanalyse selon la méthode de Pregl; le vanadium à l'état de V^2O^5.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'hydrogénation de l'anthracène.* Note [1] de M. **Alfred Maillard**, présentée par M. Georges Urbain.

L'hydrogénation de l'anthracène a fait l'objet de nombreux travaux. Parmi les plus importants il faut citer celui de Godchot [2], puis ceux de Schröter [3] et Friess et Schilling [4], plus récents. La question n'est cependant pas complètement élucidée.

J'ai appliqué à l'anthracène la méthode d'hydrogénation à volume constant, en phase gazeuse, employée déjà dans le cas du naphtalène [5]. Les faibles tensions de vapeur de l'anthracène et de ses hydrures à la température de travail, qui est relativement basse, conduisent à opérer sur des quantités très faibles de substance et à prendre des précautions spéciales pour éviter des condensations pendant les mesures.

L'anthracène utilisé est le produit *pur Poulenc*, convenablement purifié; sa température de fusion est alors 213°,1.

Le catalyseur est le nickel supporté par de la pierre ponce granulée. L'hydrogène employé, après purification, ne renferme plus qu'un millième environ d'impuretés.

Les mesures sont faites à 20°, 160° et 180°. Voici les résultats obtenus :

1° L'anthracène fixe l'hydrogène dès la température ordinaire. Le phénomène est très lent, par suite la quantité d'hydrogène absorbée est sensiblement proportionnelle au temps.

2° A 160° (le travail à 180° et aux températures supérieures devient difficile par suite de la dissociation thermique des produits d'hydrogénation) l'hydrogénation est rapide au début. Elle devient plus lente après fixation de 2 mol/g d'hydrogène par molécule-gramme d'anthracène.

Les courbes des pressions d'équilibre, en fonction de la quantité d'hydrogène mise en présence de l'anthracène, sont formées de trois branches, comme le montre la figure.

L'intersection de la branche I et de la branche II correspond toujours à la fixation de 4 at/g d'hydrogène par molécule-gramme d'anthracène. La

---

(1) Séance du 20 mai 1935.

(2) *Ann. Chimie*, 8e série, 12, 1907, p. 477.

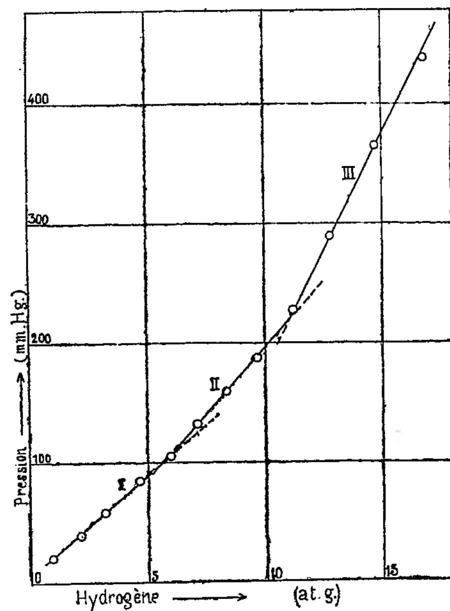
(3) *Ber. chem. Ges.*, 57, 1924, p. 2003.

(4) *Ber. chem. Ges.*, 65, 1932, p. 1494.

(5) *Ann. Off. Nat. Comb. liqu.*, 6, 1934, p. 1013; 1, 1935, p. 95.

formation d'un tétrahydrure est donc mise en évidence. Le dihydrure n'apparaît pas.

L'intersection de la branche II et de la branche III correspond approximativement à l'octohydrure. Dans la majorité des essais effectués la branche III correspond uniquement à l'accumulation d'hydrogène dans l'appareil. Dans quelques cas cependant l'hydrogénation se poursuit après fixation de 8 at/g d'hydrogène par molécule-gramme d'anthracène. Lorsqu'il en est ainsi la détermination précise de la branche III de la courbe n'est pratiquement pas possible parce que la réaction se poursuit



avec une lenteur trop grande; de plus elle est perturbée par des réactions de décomposition thermique comme le montre l'exemple suivant :

A 160° le méthane n'apparaît pas pendant l'hydrogénation avant fixation de 8 at/g d'hydrogène par molécule-gramme d'anthracène; on en trouve 8 pour 100 après fixation de 9,3 at/g.

3° Comme dans le cas des hydrures de naphtalène (¹) la déshydrogénation des hydroanthracènes s'effectue sans difficultés à des températures relativement basses. Ainsi le produit obtenu par fixation sur l'anthracène de

(¹) Maillard, *Ann. Off. Nat. Comb. liqu.*, 1, 1935, p. 95.

moins de 4 at/g d'hydrogène se déshydrogène facilement, à 160°, en donnant directement de l'anthracène. Par contre les produits plus hydrogénés subissent, en même temps que la déshydrogénation, une décomposition thermique. Les nombres suivants, relatifs à l'extraction d'environ 1 at/g d'hydrogène, le mettent bien en évidence :

Température.	Hydrogène fixé par molécule-gramme d'anthracène.	Teneur en méthane du gaz extrait (pour 100 en volume).
160°	3,2 at/g	0
	6,8 »	17,4
180°	3,45 »	0
	6,4 »	39,5

En résumé, l'allure de l'hydrogénation de l'anthracène en présence de nickel réduit est analogue à celle du naphtalène. On observe les mêmes phénomènes dans les deux cas : hydrogénation par étapes successives, réversibilité des réactions, stabilité thermique en présence de nickel réduit d'autant plus faible que le produit est plus hydrogéné.

La méthode d'hydrogénation en phase gazeuse et à volume constant est plus difficile à employer avec l'anthracène qu'avec le naphtalène, et il me paraît intéressant de compléter ces essais par une autre méthode et avec un catalyseur plus doux que le nickel.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'emploi de l'essence de craquage dans les moteurs à explosion.* Note de MM. **E. Vellinger** et **G. Radulesco**, présentée par M. Auguste Béhal.

L'emploi de l'essence de craquage dans les moteurs à explosion a soulevé une série de problèmes qui ne sont pas tous résolus. Cette essence contient une proportion importante d'hydrocarbures non saturés qui lui confèrent une forte valeur indétonante. Malheureusement ces mêmes hydrocarbures forment la partie altérable susceptible de se transformer en gomme. On a cherché à remédier à cette altération, d'une part, en faisant subir à l'essence un raffinage éliminant les constituants les plus altérables et, d'autre part, en y ajoutant des stabilisants appelés *inhibiteurs*, la plupart à base de polyphénols et d'aminophénols. Le raffinage présente le grave défaut d'éliminer les hydrocarbures non saturés particulièrement indétonants. Puisque la présence d'anti-oxygène empêche l'altération de

l'essence, il n'y a plus lieu de la débarrasser des constituants fortement indétonants, mais éventuellement générateurs de gomme.

Dans ces conditions on pouvait se demander s'il était rationnel de faire subir à l'essence de craquage un traitement semblable à celui qui est encore couramment employé et s'il ne serait pas plus avantageux de remplacer les opérations de raffinage par une simple addition d'inhibiteur (¹).

Il va de soi qu'il faut alors conduire le craquage de manière à obtenir d'emblée l'essence avec les caractéristiques de distillation de l'essence *tourisme*. Cette essence une fois désulfurée et débarrassée de ses parties trop légères serait additionnée d'une quantité d'inhibiteur suffisante pour une conservation de plusieurs mois.

Il était nécessaire de vérifier si l'essence obtenue de cette manière ne détermine pas de gommage dans le moteur. A cet effet, 400 litres d'essence de craquage ont été préparés selon les indications ci-dessus par deux raffineries françaises (Standard Franco-Américaine de Raffinage, appareil de craquage Tube and Tank et Raffinerie de Berre, appareil Cross). L'un de ces échantillons a été additionné de 0,05 pour 100 de triphénol comme inhibiteur et l'autre de 0,10 pour 100 de la fraction de goudron de bois passant entre 180° et 250° (inhibiteur Dubbs). Ils ont été brûlés dans un moteur automobile (Monaquatre Renault, 4 cylindres, 8 chevaux, modèle 1935). Comme il ne s'agissait pas d'étudier ni le rendement ni la puissance développée, mais seulement le contrôle de la formation de gomme, on s'est contenté de brûler ces 400 litres d'essence en ville et sur la route pour un parcours total de 3600^{km}. Ces échantillons étaient assez indétonants pour permettre éventuellement l'utilisation de l'avance à l'allumage maxima, quel que soit le régime du moteur.

Par ailleurs la stabilité au stockage examinée par les méthodes que nous avons préconisées dans nos précédentes Notes (²) s'est montrée excellente. En effet, ces échantillons conservés à l'obscurité dans une ampoule remplie d'oxygène et munie d'un tube manométrique permettant de suivre la variation de pression, n'ont pas encore absorbé d'oxygène après 3 mois de conservation. En outre, soumis à l'action de la lumière dans le même dispositif, ils présentent une période d'induction de 110 heures. La quantité

(¹) Voir en ce qui concerne l'essence de distillation directe reformée, Lowry, Dryer, Morrell et Egloff, *Oil et Gas J.*, 33, n° 12, 1934, p. 8.

(²) E. Vellinger et G. Radulesco, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1495, et 197, 1933, p. 417; *Ann. Off. Nat. Comb. liq.*, 5, 1934, p. 901.

de gommes dosée par la méthode du jet d'air est restée constante pendant toute la durée de conservation et inférieure à 2^{mmg} pour 100$^{cm^3}$ d'essence. Le démontage du moteur nous a permis de constater qu'il n'y avait pas trace de gommage dans le circuit compris entre le carburateur et la chambre à explosion. Les têtes de piston ainsi que les chambres de combustion ne contenaient pas plus de calamine que lorsqu'on utilise l'essence du commerce. Quoi que cette expérience soit poursuivie avec des quantités beaucoup plus importantes de carburant, nous croyons pouvoir affirmer dès maintenant qu'il n'y a pas de gommage dans le moteur lorsqu'on utilise de l'essence traitée comme nous l'avons indiqué plus haut.

L'application de cette méthode pourrait avoir quelques conséquences heureuses. Au point de vue économique, la suppression de certaines opérations de raffinage semble avantageuse. La vente généralisée d'essence à haute valeur indétonante permettrait aux constructeurs d'automobiles d'augmenter la compression des moteurs et par voie de conséquence son rendement. Enfin, si nos essais se confirment par la suite, l'aviation pourrait utiliser sans danger de l'essence de craquage puisque le phénomène tant redouté du gommage ne se produit pas dans ces conditions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la présence d'alcool butylique secondaire actif dans certains fusels.* Note de MM. **Georges Dupont** et **Raymond Dulou**, présentée par M. Robert Lespieau.

MM. Darmois et Peychès ayant observé que l'alcool propylique réputé pur, que l'on trouvait actuellement sur le marché français, possédait un pouvoir rotatoire non négligeable, nous avons sur leur demande cherché à en préciser la cause ([1]).

Une rectification très soignée, suivie d'une étude spectrographique des fractions obtenues, nous a permis de reconnaître que le pouvoir rotatoire constaté était dû à la présence d'alcool butylique actif lévogyre. La proportion de cet alcool était d'ailleurs relativement élevée, puisqu'elle dépassait 17 pour 100 dans l'échantillon étudié par nous.

Nous avons retrouvé ce constituant, bien qu'en proportion moindre,

---

([1]) MM. Darmois et Peychès, d'après des résultats qu'ils nous ont communiqués, ont reconnu que l'effet de température et quelques autres données physiques était d'accord avec l'existence, dans le produit, d'alcool butylique secondaire.

dans un échantillon d'alcool propylique de fermentation fourni par les usines de Melle.

Neuberg et Nord ont montré ([1]) qu'en ajoutant à un liquide sucré en voie de fermentation alcoolique, de la méthyléthylcétone, celle-ci se trouve réduite à l'état d'alcool butylique actif, mais la production directe de cet alcool, au cours de la fermentation alcoolique, n'avait point, à notre connaissance, été signalée.

Ce qu'on sait sur la carboligase, d'après les travaux de Neuberg, permet de penser que l'origine de l'alcool butylique doit être cherchée dans une condensation de 2^{mol} d'acétaldéhyde suivie d'une réduction.

L'alcool propylique du commerce étudié par nous, avait une rotation sur 10^{cm}, de $\alpha_D^{18°} = -1°50$. Nous avons soumis un échantillon de 2^k à une double rectification méthodique à l'aide d'une colonne à plateaux de 2^m avec un fort reflux et nous avons finalement obtenu des fractions dont la rotation α_D allait en croissant de $-0°58$ à $-4°36$.

Cette dernière fraction ($\alpha_D = -4°36$) a donné un spectre Raman qui était la superposition exacte de celui de l'alcool propylique pur et de celui de l'alcool butylique secondaire (obtenu par synthèse) sans aucune raie étrangère. Nous avons pu, à l'aide du microphotomètre, comparer ce spectre Raman à celui de mélanges des deux alcools, en proportions connues, et déterminer ainsi que la fraction de rotation $-4°36$ avait très sensiblement la composition suivante :

Alcool propylique	49 pour 100
Alcool butylique secondaire (en volumes)...........	51 pour 100

On peut tirer de ce résultat et des pouvoirs rotatoires mesurés par ailleurs, les deux conclusions suivantes :

1° La rotation, sur 10^{cm}, de l'alcool butylique contenu dans le mélange, était de $\alpha_D^{18} = -8°55$ (soit un pouvoir rotatoire de $-10°58$).

Notons que le plus fort pouvoir rotatoire obtenu par R. H. Pickard et J. Kenyon ([2]) pour l'alcool secondaire actif isolé à l'aide des sels d'alcaloïdes du phtalate acide, était de $+13°87$ et celui de l'alcool obtenu par Neuberg et Nord (*loc. cit.*) de $+2°7$.

2° La proportion d'alcool butylique secondaire, contenue dans notre échantillon, était d'environ 17,5 pour 100 (en volumes).

Ajoutons que la séparation de ces deux alcools, tant par la rectification que par les divers autres procédés physiques essayés par nous, s'est montrée délicate et toujours incomplète.

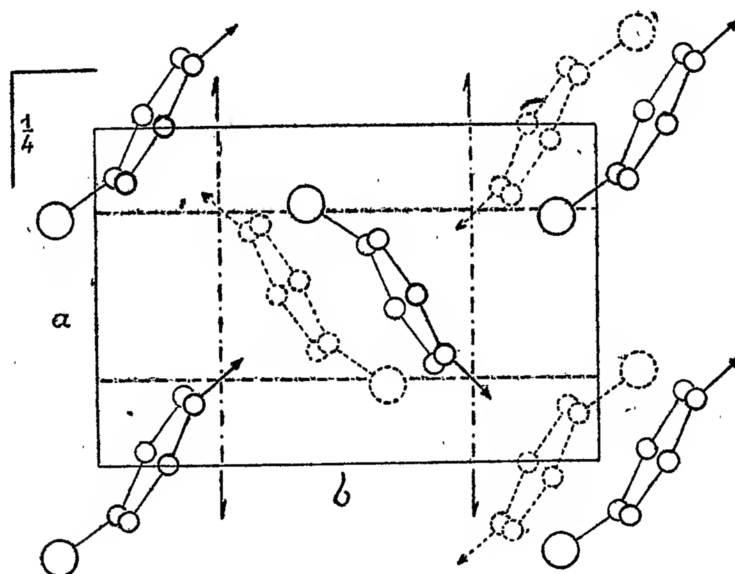
([1]) *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, 52, 1919, p. 2237.

([2]) *J. Chem. Soc. Trans.*, **103**, 1913, p. 1923.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Structure cristalline de la paratoluidine.* Note (¹) de M. Jean Wyart.

Les propriétés cristallographiques de la paratoluidine sont intéressantes à différents points de vue [chimique, physique : théorie de la croissance cristalline (²)]. L'étude de ces propriétés, poussée jusqu'à la détermination de la structure, n'a été possible pour ce corps très sublimable qu'à l'aide des rayons X.

La solidification lente de la paratoluidine fondue fournit des lames cristallines très biréfringentes, parallèles à un clivage parfait (001), montrant



au microscope des stries fines (direction [100]). L'étude au microscope polarisant et un diagramme de Laue indiquent pour ces cristaux une symétrie orthorhombique. Les diagrammes de cristal tournant, réalisés avec la radiation $K\alpha$ du cuivre, donnent pour les paramètres, avec une

(¹) Séance du 20 mai 1935.

(²) L. Kowarski, *Thèse de doctorat*, Paris, 1935; A. Marcelin et S. Boudin, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 1496 et 191, 1930, p. 31.

préicsion relative de l'ordre de 1/200, les valeurs suivantes :

$$a = 5,98\,\text{Å}, \quad b = 9,05\,\text{Å}, \quad c = 23,3\,\text{Å}.$$

La maille élémentaire renferme 8^{mol} $CH^3—C^6H^4—NH^2$.

Les dimensions précédentes conduisent à une densité nettement supérieure aux valeurs 1,046 (1) et 1,058 (2) données habituellement; une nouvelle détermination, par la méthode des liqueurs denses, m'a donné la valeur $1,120 \pm 0,003$ qui convient parfaitement.

Groupe de symétrie. — Les diagrammes de rayons X montrent que le réseau cristallin a pour maille élémentaire le prisme droit rectangulaire $\vec{a}$, $\vec{b}$, $\vec{c}$, comportant des plans de symétrie translatoires (100) et (010), les glissements respectifs étant $1/2\vec{b}$ et $1/2(\vec{a}+\vec{c})$. J'ai vérifié que les cristaux ne sont pas pyroélectriques; leur groupe de symétrie est donc $Pbnm = D_{2h}^{16}$. Il suffit de déterminer la position des atomes d'une seule molécule dans la maille pour en déduire, par les opérations de symétrie du groupe, la structure du cristal. Cette détermination, sans préciser la position des hydrogènes, dépend de 24 paramètres.

Structure de la molécule. — La solution suivante explique d'une façon satisfaisante les intensités relatives des nombreux spectres observés (l'origine des coordonnées se trouve en un centre de symétrie de la maille) :

C	0,185 0,195 0,084	CH	0 0,140 0,055	CH	−0,165 0,061 0,084	C	−0,145 0,038 0,143
CH	0,040 0,094 0,172	CH	0,205 0,172 0,143	CH^3	−0,270 −0,080 0,173	NH^2	0,310 0,290 0,070

Les 6 atomes du noyau sont aux sommets d'un hexagone régulier de 1,40 Å de côté; le groupement amine, distant de 1,18 Å du carbone voisin, est un peu en dehors du plan de ce noyau; la liaison $C — NH^2$ fait avec ce plan un angle de 15°; le groupe méthyle est distant de 1,48 Å de son carbone benzénique; la liaison $C — CH^3$ fait avec le noyau benzénique un angle de 16°.

(1) F. RÜDORFF, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 12, 1879, p. 252.
(2) E. RUDOLFI, *Zeits f. physik. Ch.*, 66, 1909, p. 721.

Arrangement des molécules dans le cristal. — Celles-ci sont disposées presque perpendiculairement au clivage, inclinées de 30° sur la direction des stries [100]; elles apparaissent presque de profil sur la figure qui est une projection sur le plan (001); les grands cercles représentent les CH^3, les flèches les NH^2. La structure comporte des feuillets, d'épaisseur $c/2 = 11,65$ Å, compris deux plans de symétrie vraie suivant lesquels se font les clivages. Le feuillet élémentaire comprend deux couches de molécules, représentées respectivement en traits pleins et pointillées sur la figure. La distance minima entre 2^{mol} d'un même feuillet est 3,2 Å (entre NH^2 d'une molécule et un CH du noyau de l'autre molécule). Les distances minima entre les molécules de deux feuillets voisins, CH^3, CH^3 et CH, CH, sont 3,7 Å.

La cohésion cristalline apparaît particulièrement grande suivant la direction [100], qui se manifeste constamment dans les cristallisations de la paratoluidine. Cette distribution des molécules permet d'interpréter les propriétés optiques des lames cristallines (direction de la vibration rapide suivant [010], biréfringence des lames de l'ordre de 0,10).

LITHOLOGIE. — *Étude pétrographique des péridotites du massif de Zlatibor (Serbie occidentale).* Note [1] de M. **Stoyan Pavlovitch.**

La région de Zlatibor renferma un des plus grands massifs de péridotites de l'Europe. Situé entre les rivières Drina, Lim et Djetinja, il occupe une superficie de 1300^{km^2}. Il n'avait fait l'objet que de travaux surtout géologiques, effectués par Zujović, Loczy, Ampferer et Hammer, Milovanović, Marić et Tućan. Une étude pétrographique détaillée restait à faire. Voici celle que j'ai poursuivie sur le terrain (1924-1929) et, depuis, au laboratoire.

Au microscope, on voit que ces roches sont constituées par du péridot en agrégats grenus ($n_p = 1,668$; $n_g = 1,682$) de l'enstatite en cristaux automorphes ($n_g = 1,677$; $n_p = 1,666$; $d = 3,22$), et des pyroxènes monocliniques généralement associés à l'enstatite, ou plus rarement individualisés au milieu du péridot. Le spinelle (hercynite, $1,76 < n < 1,87$) existe toujours.

Au microscope métallographique, on constate la présence fréquente de

---

(1) Séance du 20 mai 1935.

la chromite; la magnétite n'apparaît que dans les types fortement serpentinisés. On peut subdiviser ces rochers en trois séries.

1. *Type pauvre en pyroxène, constituant un passage aux dunites.* — La structure est finement grenue; le péridot est souvent très fortement écrasé (zone au nord de Tornik). Le spinellide est la chromite.

2. *Type riche en bronzite avec peu de diallage, formant un passage aux harzburgites.* — Sa structure est généralement porphyroïde. Il est très riche en spinelle. Ces roches sont loin d'être aussi répandues que ne l'affirme Hammer.

3. *Type à deux pyroxènes (Lherzolites).* — Le diallage est toujours en quantité moindre que l'enstatite. Les déformations mécaniques sont rares. Ce type est pauvre en spinelle.

La répartition de ces trois types de roches dans le massif est tout à fait irrégulière, mais il semble que le premier en forme le centre et le dernier la périphérie.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
SiO^2...	43,36	37,42	41,18	39,32	40,34	41,60	39,90
Al^2O^3..	4,21	1,23	2,71	1,85	3,20	2,70	2,60
Fe^2O^3..	1,76	2,82	1,87	1,93	1,66	1,72	2,72
FeO ...	7,08	3,29	6,08	6,18	6,58	7,27	5,87
NiO....	0,17	0,28	0,22	0,22	0,23	0,21	0,20
MnO...	0,18	0,10	0,17	0,22	0,20	0,18	0,15
MgO...	37,41	36,91	37,29	39,77	39,95	39,16	38,05
CaO....	3,74	0,54	3,72	2,14	2,64	2,64	2,38
Na^2O...	0,80	0,88	0,31	0,41	0,28	0,37	0,41
K^2O ...	0,22	0,19	0,17	0,13	0,15	0,14	0,09
TiO^2...	0,28	tr.	tr.	tr.	tr.	0,20	tr.
H^2O^+...	0,14	14,28	5,09	6,79	3,94	2,60	6,12
H^2O^-..	0,27	2,29	0,49	0,55	0,38	0,44	0,52
CO^2....	0,21	tr.	0,59	0,72	0,42	1,06	0,69
Fl......	néant	0,08	0,06	néant	0,05	0,05	0,08
Cr^2O^3...	0,12	0,17	0,22	0,19	0,19	0,19	0,12
	99,95	100,48	100,17	100,42	100,21	100,53	99,90
Diops..	7,66	1,97	7,19	2,41	2,62	0,65	1,76
Hypers.	3,60	9,00	10,66	7,79	6,16	16,02	14,09
Péridot.	62,23	61,02	63,18	71,32	73,40	66,16	63,07
Σc.....	15,15	6,35	9,01	6,76	10,17	8,74	8,42

1. Lherzolite intacte, Varda................ IV(V).1.(4)5.1.1(2).[5.(3)4.5]
2. Serpentine, Voutch Gora................ 'V.1.4'.1.1[5.1.5]
3. Lherzolite, Kremna (Osijek)............. (IV)V.1.4.1.1'[5.4.'4]
4. Lherzolite, Zborište.................... 'V.1.(4)5.1.1'[5.3(4).5]
5. Lherzolite, Lupoglav.................... (IV)V.1.(4)5.1.1'
6. Harzburgite, Miloševac.................. (IV)V.1.4.1.1(2)
7. Harzburgite, Alin-Potok (Krst).......... IV(V).1.4.1.1'

Les paramètres magmatiques (12 analyses effectuées par M. Raoult), calculées d'après la classification chimico-minéralogique de M. A. Lacroix montrent l'uniformité de composition du magma et son caractère lherzolitique. En effet la quantité de chaux est toujours notable et ne descend jamais au-dessous de 2,14 pour 100. On ne peut donc classer ces roches dans les harzburgites comme l'avait fait Hammer, car ces dernières sont dépourvues de chaux. Comme ces lherzolites sont plus ou moins serpentinisées, j'ai essayé de calculer leur composition minéralogique réelle en tenant compte de la présence d'antigorite; on voit alors qu'elles renferment toujours du diopside (8 à 15 pour 100), une quantité notable d'antigorite (20 à 30 pour 100) et que le rapport de ce minéral à l'olivine est toujours voisin de 1. La serpentinisation du massif paraît donc être uniforme et l'on peut interpréter ce fait comme la conséquence d'une autopneumatolyse profonde, car sauf à Djurkovac (Varda) la transformation en antigorite est la même quelle que soit la profondeur.

L'analyse thermique différentielle, combinée aux méthodes précédentes, m'a permis d'entrevoir le mécanisme de la serpentinisation de ces roches. Comme dans d'autres péridotites, l'antigorite se développe tout d'abord dans le péridot sous forme d'un réseau de veinules, le centre des mailles étant constitué par le minéral intact. L'analyse thermique montre que cette antigorite appartient à la variété β (1). Mais il existe des cas où la serpentinisation est complète. Le centre des mailles lui-même est transformé, et l'analyse thermique révèle la présence d'antigorite α. On est donc conduit à supposer que la serpentinisation s'est poursuivie en deux phases successives correspondant à un changement dans les conditions physiques de la transformation.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge de la série primaire non fossilifère de Vendée.* Note (2) de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Charles Barrois.

Nous avons proposé (3) de distinguer dans la région vendéenne (Bocage Vendéen, Gâtine, Bocage Choletais) deux étages plus récents que le Briovérien (X des Cartes géologiques), qui sont répartis suivant un certain nombre de plis synclinaux. Nous avons indiqué déjà l'âge relatif de ces formations et, pour ne pas préjuger de leur âge exact, nous leur avons

(1) Mlle S. Caillère, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 628.
(2) Séance du 20 mai 1935.
(3) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 330.

donné des noms locaux. Sans preuve paléontologique, nous ne pouvons être affirmatif sur l'âge exact de ces deux étages, mais les analogies avec la Bretagne nous conduisent à des assimilations dont l'une paraît assez séduisante.

La série des formations primaires non fossilifères de Vendée peut être résumée dans le tableau suivant :

Étage de la Châtaigneraie....	Quartzite blanc de La Châtaigneraie, quartzite rouge de Champdeniers, arkoses blancs du synclinal de Saint-Pierre-du-Chemin, poudingues siliceux de Cheffois.
Étage du Bourgneuf.........	Épanchement de *Porphyroïdes* en Vendée, rhyolites et rhyo-dacites du Choletais. Alternance de schistes en dalles et de quartzites, cette formation a une couleur variable suivant les régions, elle est tantôt verte et violacée, tantôt verte et rouge. Poudingue de Sigournais, avec galets de schistes rouges et verts.
Briovérien..................	Calcaire cipolin des Sables-d'Olonne. Schistes et grauwackes. Zone des Phtanites et des Schistes ampélitiques.

Première hypothèse. — Si nous comparons cette succession avec la série stratigraphique proposée par M. Barrois pour le Cambro-silurien de la Bretagne (¹), nous sommes tenté d'assimiler le *Quartzite de La Châtaigneraie au Grès armoricain* (Arenig). *L'étage du Bourgneuf* devient l'équivalent de l'étage des *Schistes pourprés*, et le *poudingue de Sigournais* correspondrait au *poudingue pourpré* ou *poudingue de Montfort*, avec lequel il offre des ressemblances.

A la base du Briovérien, les schistes avec bancs de *Phtanites* sont identiques aux schistes à *Phtanites* de Lamballe. Il existe bien en Vendée des calcaires interstratifiés dans les schistes X des cartes géologiques (région des Sables-d'Olonne), mais nous n'avons pu découvrir, jusqu'à présent, le niveau du *poudingue de Gourin* qui, dans cette hypothèse, manquerait en Vendée.

Deuxième hypothèse. — Une autre interprétation consiste à voir dans *l'étage de La Châtaigneraie*, un « *facies vendéen* » (²) du *poudingue pourpré;*

(¹) Ch. Barrois et P. Pruvost, *Ann. Soc. Géol. Nord*, 56, 1931, p. 80.

(²) Ch. Barrois, *Ann. Soc. Géol. Nord*, 26, 1897, p. 8, note infrapaginale.

dans ce cas, *l'étage du Bourgneuf* représenterait la *série de Gourin*, et le *poudingue de Sigournais* correspondrait alors au *poudingue de Gourin*. Dans la région de Cholet, les *quartzites blancs et poudingues siliceux de Trémentines*, situés à la base des rhyolites (étage du Bourgneuf), constitueraient un terme équivalent également au poudingue de Gourin.

Arguments en faveur de la première hypothèse. — En résumé, pour l'étage de la Châtaigneraie, nous hésitons entre le Silurien inférieur (Arenig) et le Cambrien supérieur, et pour l'étage du Bourgneuf entre le Cambrien supérieur et le Cambrien moyen.

Pour le moment, nous n'avons pas de preuves paléontologiques qui permettent de trancher cette question, mais deux arguments paraissent appuyer la première hypothèse.

1° En Bretagne, il y a un phénomène général d'épanchement éruptif [1] au sommet du Cambrien avant le dépôt du grès armoricain. Les *Porphyroides* de Vendée se rattacheraient aux éruptions cambriennes de Bretagne, ainsi que les rhyolites de Cholet.

2° En Vendée, les synclinaux étroits et profonds ne permettent pas d'observer de formations plus récentes que le quartzite de La Châtaigneraie. Cependant en un point du Synclinal de Saint-Pierre-du-Chemin, entre les agglomérations de Réaumur et de la Meilleraie, on peut constater la présence de schistes bleu noirâtre, micacés, avec *pistes de vers*, alternant avec des quartzites grisâtres et qui passent insensiblement au grès blanc (niveau de La Châtaigneraie) auquel ils sont superposés. Ces schistes, bien visibles dans la tranchée du chemin de fer de la Meilleraie paraissent très voisins lithologiquement des schistes et psammites qui, dans les synclinaux de Segré et d'Angers, alternent avec des quartzites, au sommet du grès armoricain, dans la partie qui renferme les minerais de fer.

Nous n'apportons donc, ici, aucune certitude sur la question très difficile de l'âge exact des schistes X de Vendée, mais nous croyons qu'il est intéressant de tenter ces rapprochements pour montrer que la Vendée forme, avec la Bretagne, une unité géologique. Il y a évidemment la question du poudingue de Gourin, mais nous savons que ce niveau n'existe pas partout en Bretagne.

---

(1) Ch. Barrois, *Livre Jubilaire Soc. Géol. France*, 1, 1930, p. 89.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Observations sur les rideaux de la craie dans les valleuses entre le Tréport et Ault.* Note de M. **Jean Michel**.

De nombreux auteurs ont déjà décrit, sous le nom de rideaux, les ressauts que l'on rencontre fréquemment sur les versants de certaines vallées en pays crayeux.

Dans plusieurs Notes, Louis Gentil (¹) a expliqué leur formation par la solifluxion de l'argile à silex, ameublie par les eaux d'imbibition. Cette théorie s'opposait à celle émise auparavant par Albert de Lapparent (²) et Poulett Scrope (³), dont les idées ont été reprises récemment par M. Aufrère. Pour ces auteurs, le labourage du sol par la charrue devait être considéré comme la cause, sinon unique du moins déterminante, du phénomène.

Cette morphologie particulière ne se limite pas cependant aux régions crayeuses et des formes semblables aux rideaux ont été signalées dans le Cantal par Mlle Boisse de Black (⁴), dans le Morvan par Mlle Brepson (⁵) et dans la vallée de la Bruche par M. Jacques Bourcart (⁶).

J'ai tenté de vérifier l'hypothèse de Louis Gentil et il m'a paru préférable, dans ce but, de commencer mes observations dans la région même où cet auteur a pris ses exemples, c'est-à-dire entre le Tréport et Ault; là plusieurs valleuses, au creusement plus ou moins accentué, donnent, grâce au sectionnement par la falaise vive, de bonnes coupes transversales du phénomène. Celles-ci montrent, le plus souvent, une succession de rideaux étagés sur le versant et, à chaque rideau, correspond un épaississement notable de l'argile à silex avec peu d'apports de ruissellement, tels que limons et silex remaniés etc., lesquels se trouvent au contraire sur une assez grande épaisseur au fond du thalweg de la valleuse.

Comme l'a déjà signalé Louis Gentil, les rideaux ne peuvent être attribués à l'influence de diaclases de la craie sous-jacente; on ne saurait les

(¹) *Comptes rendus*, 169, 1919, p. 145 et 291; 170, 1920, p. 891; 172, 1921, p. 440.
(²) *Comptes rendus*, 111, 1890, p. 660.
(³) *Geol. Magaz.*, 3, 1856, p. 293-296.
(⁴) *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 1595.
(⁵) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 704.
(⁶) Renseignement oral.

considérer, à plus forte raison, comme marquant le rejet de failles de tassement provoquées par dissolution de la craie en profondeur.

Les rideaux que j'ai observés semblent suivre à peu près les courbes de niveau; mais j'ai constaté que leur forme, leur hauteur et leur position sur le versant sont fonction de la quantité d'argile à silex qui participe à leur formation. L'argile à silex d'un même rideau s'accumule en masses d'autant plus importantes, et à un niveau situé d'autant plus bas sur le versant, que l'on s'éloigne davantage de la tête de la valleuse vers l'aval. En remontant au contraire vers l'amont on note, d'une manière générale, que la pente des versants de la valleuse s'adoucit régulièrement et l'on observe une diminution corrélative de l'épaisseur du rideau, qui finit par n'être plus qu'un simple bourrelet de quelques décimètres, ou même par disparaître; en même temps, on constate que la distance séparant deux rideaux successifs diminue progressivement. Il se produit ainsi un resserrement du faisceau.

Louis Gentil a signalé d'autre part que, dans la partie située entre deux rideaux successifs, l'argile à silex n'existait presque plus et que l'on trouvait même la craie à l'affleurement. Ce phénomène, constaté au point où les valleuses sont sectionnées par la falaise, c'est-à-dire aux points mêmes où les rideaux ont pris le plus de développement, semble s'atténuer dans le sens longitudinal sur un même versant. Vers l'amont, j'ai remarqué qu'il reste, au-dessus du rideau qui n'est plus formé que d'une faible accumulation d'argile, une épaisseur réduite mais non négligeable d'argile à silex. Dans cette zone, le gazon est cependant fréquemment découpé en mottes qui matérialisent les déchirures produites sur le sol par la descente du terrain.

Il n'est pas douteux pour moi que les observations ci-dessus ne soient favorables à l'hypothèse d'une genèse des rideaux par solifluxion.

Si l'on considère un versant de valleuse recouvert originellement d'une épaisseur plus ou moins régulière d'argile à silex, la composante tangentielle qui, sur une section transversale donnée, tend à provoquer le mouvement de glissement, varie avec la masse même du matériel plastique située sur le versant, elle croît aussi avec la pente. L'on conçoit donc que cette force est d'autant plus grande que la vallée est plus profondément creusée, c'est-à-dire que, dans le cas particulier des valleuses, l'on se trouve plus vers l'aval. A un niveau donné du versant, le frottement devient suffisant pour arrêter le glissement de la masse argileuse qui n'a pas atteint le fond de la vallée et le bourrelet se forme alors par accumulation.

Je n'ai pu encore déterminer le lieu géométrique de ces points d'arrêt sur une pente donnée.

L'hypothèse que je viens de donner est uniquement déductive et demande évidemment à être vérifiée, soit par l'observation directe du phénomène, soit grâce à des recherches expérimentales que j'entreprends actuellement.

PHYSIQUE DU GLOBE — *Composition de l'air de la stratosphère.* Note (1) de MM. **Adolphe Lepape** et **Georges Colange**, présentée par M. Charles Fabry.

1. Cailletet (2) préleva pour la première fois un échantillon d'air de la stratosphère ($15^{km},5$) dans un réservoir de cuivre porté par un ballon-sonde. La composition (CO^2, O^2, N^2, A) fut trouvée identique à celle de l'air près du sol.

Prokofieff, Godunoff, Birnbaum (3), dans leur ascension stratosphérique, ont fait un prélèvement ($18^{km},5$), qui contenait 20,95 pour 100 d'oxygène et pas d'hydrogène. Ils ont recherché la vapeur d'eau avec un *hygromètre à miroir* et n'en ont point trouvé.

2. Nous avons effectué, entre 1926 et 1930, une série de prélèvements et d'analyses dans les conditions décrites précédemment (4); les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Dans les quatre premières analyses, le dosage de l'oxygène, beaucoup moins précis que dans les suivantes, correspond à la somme $CO^2 + O^2$. Sauf dans un cas deux dosages d'oxygène ont été effectués sur chaque échantillon; les écarts par rapport à la moyenne sont indiqués par le signe $\pm$. A titre de comparaison, nous avons étudié, à plusieurs reprises, des échantillons d'air près du sol.

Au cours de son ascension stratosphérique récente, Max Cosyns, après accord avec nous, a fait un prélèvement que nous avons analysé, et il a bien voulu nous autoriser à joindre ses résultats aux nôtres.

(1) Séance du 20 mai 1935.
(2) *Comptes rendus*, 124, 1897, p. 486.
(3) *Nature*, 133, 1934, p. 918.
(4) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1340.

Date du prélèvement.	Altitude (en km).	Composition centésimale de l'air sec et privé de CO^2 (¹) (en volumes). O^2.	N^2.	Gaz rares.	$\frac{He+Ne}{gaz\ rares} \times 10^2$.
18- 1-1927..........	11,6	20,99 ±0,06	78,08	0,932	3,2
12-12-1927..........	14,2	20,965±0,05	78,13	0,911	3,5
16-12-1927..........	16,8	21,32 ±0,04	77,74	0,944	
29-12-1927..........	13,0	20,80 ±0,04	78,26	0,945	non dosé
21- 4-1928..........	16,2	20,99 ±0,005	78,06	0,952	3,3
22- 5-1928..........	9,6	20,93	78,13	0,944	2,8
»	9,0	20,84 ±0,01	78,24	0,923±0,003	
17- 8-1928..........	12,8	20,85 ±0,005	78,22	0,934	non dosé
»	10,0	20,87 ±0,005	78,19	0,937	4,6
26-11-1929..........	14,9	20,80 ±0,02	78,26	0,942	non dosé
»	11,2	20,81 ±0,02	78,26	0,927	2,7
18-8-1934 (Cosyns)..	15,0	20,90 ±0,05	78,16	0,940	3,0
Moyennes.........	–	20,92	78,15	0,935	3,3

3. A. On voit donc que les proportions des principaux éléments de l'air de la stratosphère (O^2, N^2 et gaz rares) sont analogues à celles trouvées dans l'air pris au sol (²). *Il en résulte que l'on doit abandonner définitivement l'idée que, dès le début de la strastosphère, les gaz se distribuent par ordre de densités.*

On pouvait le prévoir, car, pour qu'il en soit ainsi, il faudrait, comme le montrent les calculs de Gouy (³) et de Rocard (⁴), que la stratosphère soit en repos presque parfait, ce qui n'est pas.

Nous avions, en outre, déjà montré qu'il existe des relations étroites entre les hautes et les basses couches atmosphériques (⁵).

Les faits précédents ainsi que l'absence des raies de He et de H dans les aurores et, dans ces dernières, la constance du rapport des intensités de la raie verte (due à O) et des bandes négatives de N^2 sur 50-80^{km} de hauteur (⁶) *conduisent à penser que l'atmosphère doit présenter une composition sensiblement uniforme sur toute son épaisseur.*

B. Dans 8 expériences au sol la moyenne (He + Ne)/gaz rares a été de

---

(¹) Sauf dans les quatre premières analyses (voir plus haut).

(²) Voir l'abondante bibliographie dans *The composition of the Atmosphere*, par Benedict, Carnegie Institution, 1912.

(³) *Annales de Physique*, 9ᵉ série, 5, 1916, p. 121.

(⁴) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1336.

(⁵) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 53.

(⁶) VÉGARD, *Phil. Mag.*, 46, 1923, p. 577.

$2,6.10^{-3}$, dans notre tableau cette moyenne est légèrement supérieure; fait déjà signalé vers 8-9^{km} par Tetens [1] et Wigand [2]. Contrairement à ce qu'avait annoncé Teisserenc de Bort [3], nous avons constaté dans nos prélèvements d'air de la stratosphère la présence certaine de l'hélium (identifié par son spectre).

PALÉONTOLOGIE. — *Les foraminifères du Lutétien inférieur dans le sud du désert arabique.* Note de MM. **L. Doncieux** et **J. Cuvillier**, présentée par M. Henri Douvillé.

Au cours d'une mission d'études dans la région du Gebel Doukhan (désert arabique), M. G. Andrew rapportait l'an dernier, provenant de Bir Badia, quelques échantillons d'un calcaire fossillifère pétri de grands foraminifères; la roche n'ayant malheureusement pas été trouvée *in situ*, le problème de son gisement reste à préciser.

Cette roche est un calcaire tendre, blanc rosé, qui se trouvait inclus dans les débris d'un fortin en ruines situé à proximité de la route romaine de Keneh à Myos-Hormos; en dépit de son origine inconnue, ce calcaire dont le gisement n'est probablement pas très éloigné du lieu où il a été récolté, mérite, par l'association très particulière des fossiles qui s'y trouvent rassemblés, la mention spéciale que nous lui consacrons; on y rencontre en effet, les formes suivantes :

Alveolina oblonga d'Orb.
Nummulites cf. *irregularis* (A) de la Harpe.
Nummulites discorbina (B) Schl.
Nummulites gizehensis (B) Forsk.
Nummulites aff. *Lucasi* (A) d'Arch.

Ce sont, à l'exception de *N. irregularis*, dont il doit être question pour la première fois en Égypte, des espèces bien connues dans le Nummulitique de ce pays.

A. oblonga d'Orb. semble surtout cantonnée dans les formations les plus anciennes de l'Eocène moyen d'Egypte; sa présence à une certaine distance à l'ouest du Gebel Doukhan n'aurait rien de surprenant puisqu'on la trouve, à la même latitude, près

(1) *Erg. Obs. Lindenberg*, 6, 1911, p. 219.
(2) *Phys. Zeit.*, 17, 1916, p. 396; *id.* 25, 1924, p. 684.
(3) *Comptes rendus*, 147, 1908, p. 219.

d'Assiout et, plus au Nord, jusqu'à la hauteur de Minieh; dans cette dernière localité, elle est d'ailleurs associée à la *N. gizehensis* Forsk. typique.

N. irregularis de la Harpe, dans le bassin méditerranéen et particulièrement en Afrique du Nord [1] est fréquemment représentée en compagnie de formes qui caractérisent plus généralement le Lutétien inférieur, telles *N. bolcensis* et *N. Rollandi* Mun.-Ch., etc.

N. discorbina Schl. que l'on n'avait identifiée que dans les formations plutôt septentrionales de Haute-Égypte, ses affleurements les plus méridionaux étant aux environs de Minieh [2], était considérée jusqu'à notre récent examen du calcaire de Bir Badia, comme une espèce d'âge essentiellement Lutétien supérieur.

N. gizehensis Forsk., comme la précédente, correspondait nettement au Mokattam inférieur qui appartient à la seconde moitié de la période lutétienne et dont les gisements se rencontrent surtout vers la Basse-Égypte.

L'association, dans un même dépôt, de foraminifères *a priori* caractéristiques, les uns, du début de l'Éocène moyen, les autres du Lutécien supérieur, qui constitue l'intérêt principal de cette Note, valait d'être analysée. Les *N. gizehensis*, dont la taille ne dépasse guère 18^{mm} de diamètre, présentent des particularités qui donnent en partie déjà l'explication du mélange des espèces; il s'agit en effet de formes à filets cloisonnaires simplement ondulés sur le bord, devenant ensuite méandriformes ou groupés en faisceaux qui se recourbent et se replient; parfois il se fait des anastomoses entre les filets et il se constitue alors un réseau à mailles allongées; ce sont bien là, dans leur ensemble, des caractères de surface de *N. gisehensis*; la spire lâche, souvent très lâche même, au centre, est irrégulièrement bosselée et les cloisons sont courbes, irrégulières aussi, allongées ou coudées; autant de caractères cette fois de *N. irregularis*. Nous nous trouvons donc en présence d'une véritable forme de passage entre ces deux espèces et il n'est pas étonnant alors de la rencontrer dès le Lutécien inférieur, que confirme la présence de l'*Alveolina oblonga*, en compagnie de *N.* cf. *irregularis* (A).

Par ailleurs, l'unique échantillon de *N.* aff. *Lucasi* d'Arch, identifié dans la roche, avec sa spire à trois tours lâches, ses cloisons moins courbes et bien plus espacées que dans les individus typiques de l'espèce, semble aussi indiquer des caractères archaïques s'accordant avec l'apparition prématurée en Égypte de cette nummulite qui y est surtout représentée au Mokattam inférieur.

L'Éocène moyen offrirait donc dans ce pays, sous réserve que soit

---

(1) F. Daguin, *Contribution à l'étude géologique de la région prérifaine* (Maroc occidental), *Dir. gén. Tr. Publ. du Maroc*, p. 279 et 292, Montpellier 1927.

(2) M. Blanckenhorn, *Aegypten. Handb. d. Reg. Geol.*, 7, p. 85, Heidelberg, 1921.

retrouvé le gisement dont proviennent les calcaires de Bir Badia, deux niveaux bien distincts à *N. gizehensis* Forsk; l'un du Lutétien inférieur, développé dans les régions méridionales, caractérisé par l'association de foraminifères qui fait l'objet de cette Note; l'autre où les grandes nummulites typiques se retrouvent en compagnie de *N. curvispira* Savi et Menegh, de *N. uroniensis* A. Heim, de *N. lævigatus* Brug. sp. et de véritables *N. Lucasi*, d'Arch, dans l'Éocène moyen du nord de la Haute-Égypte, correspondant au Lutétien supérieur (Mokattam inférieur).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les variations héréditaires provoquées expérimentalement chez les Levures.* Note de M. **Georges Adam Nadson**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

Au moyen de la dissociation d'une culture pure (issue d'une cellule unique) sous l'influence des rayons X et du radium nous avons obtenu, moi et mes élèves, chez diverses levures (*Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Torulopsis, Nadsonia*, *Sporobolomyces*), de nouvelles races stables du type des saltants, ce qui correspond aux mutants chez les organismes supérieurs.

Les races provenant de la même forme initiale peuvent être tellement distinctes de cette dernière et présentent entre elles de telles différences, que si elles s'étaient rencontrées dans la nature, il eût fallu les classer non seulement dans ces espèces différentes, mais même dans les genres distincts. Elles conservent durant des années, à la suite de réensemencements successifs, leurs caractères spécifiques sur des milieux nutritifs variés et dans différentes conditions de développement. C'est ainsi que les races-saltants de *Saccharomyces cerevisiæ* se distinguent tant par l'aspect des colonies géantes que par la forme et les dimensions des cellules et par la mode de bourgeonnement : les unes possèdent des cellules allongées du type *Mycoderma*, d'autres ont des cellules tout à fait rondes du type *Torula*, d'autres encore des cellules amiboïdes, et tous ces caractèrent se transmettent invariablement durant une lignée de générations innombrables. Les races diffèrent également par l'intensité de la fermentation alcoolique qu'elles provoquent et souvent les radio-races dépassent sous ce rapport la forme initiale (*S. cerevisiæ XII*), ce qui offre aussi un intérêt pratique.

D'une manière générale, la formation des nouvelles races consiste en ce qui suit. Les variations *individuelles* des cellules (par exemple de *S. cerevisiæ*), en se stabilisant à la fois, en devenant héréditaires, donnent naissance

à des races nouvelles et peut-être, dans des conditions naturelles, à des espèces nouvelles. Les stades de développement et les formes de croissance se stabilisent, c'est-à-dire, sont fixés par l'hérédité. Cela est en particulier prononcé chez les races qui se forment par la stabilisation des caractères séniles. Chez celles-ci, même dans les jeunes cultures, les cellules offrent l'aspect des cellules vieilles (formes arrondie et hypertrophique avec accumulation de graisse, accroissement des vacuoles, etc.). Cette faculté de se stabiliser et de devenir héréditaire appartient non seulement aux formes *normales* pour une levure donnée (par exemple pour *S. cerevisiæ*), mais aussi aux formes qui s'écartent de la norme, à des formes *anormales* y compris celles du type pathologique. En ce cas, ce qui a été *anormal* chez les ancêtres, devient *normal* dans la postérité. En même temps, ces races peuvent conserver parfaitement et longtemps leur vitalité; elles peuvent même surpasser la race initiale en ce qui concerne le temps du développement et la production de la masse dans les cultures D'autres races, cependant, formées à côté d'elles, dans la même culture, offrent, au contraire, des formes qui s'éteignent peu à peu ; ce sont des races léthales.

Des races semblables en tous les points essentiels aux races décrites plus haut ont été obtenues également sous l'action exercée sur la même souche de *S. cerevisiæ* par divers autres facteurs extérieurs : action du froid, de la chaleur, du chloroforme, des cyanures etc. Les races-saltants, qui se forment chez le *S. cerevisiæ* spontanément, ressemblent aussi beaucoup aux races citées plus haut; elles appartiennent aux mêmes types principaux. Ces traits de ressemblance frappant des races, apparues tant spontanément que sous l'influence de facteurs extérieurs variés, offrent une des manifestations les plus importantes de la règle selon laquelle la substance vivante ou, plus exactement, le système vivant de l'organisme peut se transformer seulement dans certaines directions déterminées, dépendant avant tout de la *constitution* interne du système vivant même. Cette constitution est le produit de l'évolution historique; elle s'est développée sur la base des phénomènes physicochimiques, mais elle offre une étape nouvelle dans les états de la matière et possède des propriétés nouvelles et spécifiques.

AGRONOMIE COLONIALE. — *La culture indigène de la Pomme de terre dans les zones montagneuses du Maroc.* Note de M. **Émile Miège**, présentée par M. Julien Costantin.

On admet couramment que la culture de la Pomme de terre est d'introduction récente au Maroc et qu'elle y était à peu près inconnue avant l'instauration du Protectorat.

Des recherches entreprises, avec l'aide précieuse des commandants de cercle et des officiers de renseignements, nous ont permis d'établir deux faits inconnus des agronomes : l'*ancienneté* et la *localisation* de la culture de cette plante par les indigènes sur les territoires de villages montagnards; elle n'y revêt d'ailleurs habituellement qu'un caractère presque familial, bien qu'en certains points (Bahlil) elle couvre plus de 80 hectares.

Nous citerons ici seulement quelques exemples frappants et caractéristiques.

1° A *Bahlil*, au sud de Fez, la culture est très ancienne et paraît avoir été *apportée par les esclaves chrétiens* (ignorant l'arabe) qui cultivaient habilement la plante ou par les pirates barbaresques qui les avaient captés (par conséquent avant la conquête d'Alger en 1830), ou par les Espagnols et les Portugais, lors de leurs occupations successives. C'est à 1000^{m} d'altitude que se trouvent ces plantations.

2° Dans la *région d'Amismiz*, au sud-ouest de Marakech et principalement au village d'Ouremeur (à 1600^{m} d'altitude, à 18^{km} d'Amismiz), c'est dans le Haut Atlas, où les montagnards de l'Erdouz et de l'Anougal apportèrent des tubercules de Mogador (ville située sur la côte au nord d'Agadir) en l'an 1295 de l'hégire (c'est-à-dire il y a une soixantaine d'années), lors d'une disette.

3° A ces deux faits principaux, on doit citer encore dans le Riff (au sud de la zone espagnole), le village de Rafsaï (1300^{m}) où les Beni-Zeroual élèvent le *Solanium tuberosum* depuis très longtemps; les tribus des Senhadja auraient connu anciennement cette plante; celles de Ouarzazat (Haut Atlas) où elle existerait depuis plus de deux cents ans (?); les Beni-Snassen, au nord d'Oudja (près de la frontière algérienne) pratiquent également cette culture de mémoire d'homme dans les hautes vallées, etc.

Divers points fondamentaux montrent nettement par quels caractères ces plantations montagnardes diffèrent de celles de la plaine (notamment du littoral, Rabat, etc.) où la culture ne peut être faite *qu'une fois* avec la

même semence (qui est en général, épuisée à la seconde culture) et le rendement varie de 6 à 8000^{kg} à l'hectare.

Dans le Haut Atlas, dans la région d'Amismez, Ijoujak, Ouremeur, par exemple, la récolte s'élevait, vers 1885, à 35000^{kg} par hectare et, pendant vingt ans, ce haut rendement s'est maintenu : pour une quantité de 900^{kg} de semences appartenant toujours à la même variété, on obtenait environ 40 fois le poids de la semence. Cette productivité si grande s'est abaissée depuis, par suite de diverses causes et des mauvaises années, à 12000^{kg}; ce qui représente encore 13 fois le poids de semence, comme dans les autres montagnes marocaines, c'est-à-dire souvent le double de ce que l'on obtient normalement dans la plaine marocaine mais avec tubercules *renouvelés* à chaque culture et dans des terrains non appauvris comme dans les montagnes par une culture continue et surtout par des irrigations abusives lessivant le sol et l'épuisant. C'est ce qui explique la diminution des rendements ainsi que l'emploi exclusif des semences de la même variété indéfiniment, d'ailleurs réduites à leur plus simple expression par fragmentation : un œil ou deux à chaque plantation.

Quant à la conservation de ces semences, ellle est faite généralement dans des pièces sombres et sèches, en sable, dans un lit de paille, dans des couffins de roseaux ou de palmier nain, souvent enfumés, parfois au milieu de tas de grains d'orge, quelquefois dans des grottes, mais toujours après dessiccation préalable.

En résumé, la culture indigène de la Pomme de terre existe depuis longtemps dans les diverses régions montagneuses du Maroc, situées entre 850^{m} et 1700^{m} d'altitude. Elle est caractérisée par l'utilisation des mêmes semences, sans renouvellement et sans dégénérescence, avec deux récoltes annuelles et des rendements particulièrement élevés, malgré la fragmentation excessive des tubercules, malgré des irrigations abusives et sans aucun traitement anticryptogamique. Tout ceci plaide en faveur du rôle bienfaisant de l'altitude.

ZOOLOGIE. — Oxystomus *de Rafinesque est une forme bien distincte, parmi les larves leptocéphaliennes*. Note de M. **Léon Bertin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des nombreuses espèces décrites par Rafinesque Schmaltz dans son *Indice d'Ittologia Siciliana* (1810), une de celles qui ont été le plus dis-

cutées est *Oxystomus hyalinus*. Sa diagnose, très courte, complétée par une médiocre figure, est la suivante :

Genre *Oxystomus*. — Corps très comprimé et très long. Tête petite. Mâchoires très pointues et dentées (¹). Queue très pointue. Absence totale de nageoires.

Espèce *Oxystomus hyalinus*. — Mâchoire inférieure plus longue que la supérieure. Corps hyalin. Ligne latérale presque invisible. Trois rangées de très petits points noirs sous le ventre. — *Observation :* il est long de moins d'un pied et se compose d'une substance gélatineuse et transparente. Ses yeux, situés au-dessus de l'angle de la bouche, sont noirs et entourés d'un iris argenté.

Certains de ces caractères n'ont aucune valeur systématique, parce qu'ils sont communs à la plupart des larves de Poissons Apodes (hyalinité, compression du corps, petitesse de la tête, couleur des yeux). D'autres peuvent résulter d'une erreur d'observation ou d'interprétation (absence des nageoires). D'autres enfin différencient avec la plus grande netteté *Oxystomus hyalinus* des autres Leptocéphales (étirement progressif en pointe fine de la moitié postérieure du corps, étirement en pointe des mâchoires, dont la supérieure est plus courte que l'inférieure).

Voici maintenant, brièvement résumées, les vicissitudes subies par l'espèce en question. Kölliker (1853), Tröschel (1853), Carus (1861), Günther (1870) l'identifient à une autre forme larvaire dénommée *Tilurus gegenbauri*. Facciola (1882) décrit, sous le nom d'*Oxystomus*, deux espèces qu'il reconnaît ultérieurement, à la suite de Bellotti (1883), appartenir au genre *Tilurus*. Même indécision chez Roule (1910-1911), qui, après avoir mis en synonymie *Oxystomus* et *Tilurus*, sépare ensuite ces deux formes et déclare que la première, insuffisamment décrite, doit disparaître de la nomenclature. Même indécision encore dans le grand ouvrage de Grassi (1913), où l'on voit *Oxystomus* rattaché simultanément à *Tilurus* et à *Nemichthys*. De ces confusions successives résulte qu'une espèce de *Tilurus* continue à s'appeler, dans les ouvrages les plus récents, *Tilurus hyalinus* et usurpe de la sorte un nom spécifique qui appartient en propre à *Oxystomus*.

La seule chance qu'il pouvait y avoir de rétablir ce dernier dans son intégrité systématique était d'en découvrir de nouveaux spécimens. Cette chance m'est échue grâce aux matériaux du *Dana*, dont on ne saurait trop louer la richesse et l'excellent état de conservation. J'ai sous les yeux deux

(¹) Les dents sont invisibles sur la figure et doivent être par conséquent de très petites dimensions.

Oxystomus offrant, comme celui de Rafinesque, ces deux caractères essentiels : étirement en pointe de la moitié postérieure du corps, étirement en pointe des mâchoires, avec prédominance de l'inférieure.

Pourtant les exemplaires du *Dana* ne sont pas absolument identiques à celui de Rafinesque :

1° Leur longueur est moindre (81 et 95^{mm} au lieu de 200 environ).

2° Leur corps est un peu plus haut et un peu plus comprimé latéralement.

3° Les myotomes et la ligne latérale sont plus visibles.

4° La tête se rattache au tronc par une région collaire un peu rétrécie.

Tout se passe comme si les spécimens du *Dana* (qui sont incontestablement des *semilarves*, comme l'indiquent leur forme et l'existence, sur leurs mâchoires, de germes de dents définitives) étaient moins avancés dans leur ontogenèse que l'exemplaire de Rafinesque. Mais autre chose est de dire qu'ils font partie du même cycle évolutif. Une telle hypothèse ne pourrait être envisagée que si l'on connaissait le nombre des segments musculaires d'*Oxystomus hyalinus* et s'il coïncidait avec celui des *Oxystomus* du *Dana*. Elle se concilierait mal avec l'éloignement des lieux de capture : Est des Bermudes et des Antilles dans un cas (*Dana*), Messine dans l'autre (Rafinesque).

Je désigne provisoirement les spécimens du *Dana* sous le nom d'*Oxystomus danæ*. Le nombre de leurs myotomes (environ 160) et plusieurs autres caractères me conduisent à penser qu'il s'agit d'une phase de métamorphose de *Leptocephalus lanceolatus* Strömman. Quant à la forme adulte, elle devra être cherchée dans la famille des Serrivomérides, dont plusieurs genres (*Serrivomer*, *Paraserrivomer*, *Stemonidium*) ont avec *Oxystomus* beaucoup d'analogies : corps progressivement rétréci vers l'arrière, mâchoires allongées avec prédominance de l'inférieure, fentes branchiales confluentes sous la gorge, etc. [1].

ZOOLOGIE. — *La fonction silicigène chez les Silicodermés.*

Note de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les Silicodermés sont des *animaux à silice*, non parce que leurs tissus renferment une proportion notable de ce corps, mais parce qu'ils peuvent utiliser la silice pour construire des *organites* siliceux ; en d'autres termes, parce qu'ils ont un *métabolisme de la silice*.

---

(1) *Papers from the Dana Oceanographical Collections.*

La silice, nécessairement d'origine exogène, doit provenir, ou bien des silicates dissous, ou des argiles alumosiliceuses ou kaoliniques en suspension dans l'eau de mer, ou des silicates du fond (feldspath, granulite, etc.).

Elle peut être introduite dans l'organisme sous ces trois formes, même sous forme solide, par le tube digestif ou les cryptes épidermiques. Elle est alors accaparée par des cellules spéciales (*cellules grises* ou *silicophores*), probablement d'origine épidermique, qui sont des *transporteurs de silice*; ces cellules amiboïdes peuvent se transformer directement en *silicoblastes*, ou céder leur silice à d'autres cellules qui deviendront des silicoblastes, *constructeurs d'organites siliceux*. Ces organites siliceux sont des corps figurés réfringents : spicules, cellules sableuses, plaquettes, etc., dont la formation suit sensiblement les mêmes phases.

Il y a d'abord une *phase sableuse* : ce que j'appelle le *sable siliceux* est une accumulation de très petits éléments ($0^{\mu},5$ à 2^{μ}) anguleux, très réfringents, ordinairement réunis par une substance cimentante; à la lumière polarisée, ils sont ordinairement anisotropes, parfois isotropes et souvent organisés en chaînes. Si l'on suit les hypothèses de Zachariassen et de Hägg sur l'état vitreux, on peut admettre que des groupements cristallins, tels que ceux que révèle l'analyse aux rayons X, pourraient, suivant leur teneur en silice, donner des chaînes coordonnées à sommets communs, des feuillets ou du quartz à trois dimensions, et ces éléments sont isotropes, s'ils sont disposés au hasard.

On peut aussi penser que ce sont des *silicosphérites*, analogues au calcosphérites de Harting, c'est-à-dire des combinaisons de silice et de protéiques. Si l'on mélange du silicate de potassium avec de l'albumine, on obtient un gel colloïdal transparent, qui s'opacifie progressivement; si l'on fait passer un courant de CO^2, il se forme, dans un excipient, des grumeaux constitués par de petits granulés microscopiques, accolés en chaînes ou en réseaux, dont chacun montre un point central colorable (protéique). Je crois que le sable siliceux est plutôt constitué par des cristallites enrobés par un ciment colorable par les colorants acides, au début, puis par les colorants basiques. Certains spicules (*Elophilus Apthiæ* Labbé, *Oncidium Leopoldi* Labbé, *Paraoncidium chameleon* Brazier) sont naturellement colorés en jaune, orange, ou brun par un pigment. En tous cas, la fonction silicigène est toujours une fonction intracellulaire; le spicule une fois formé, par disparition du cytoplasme et du noyau est entouré d'une capsule conjonctive.

A cette période sableuse, qui est constante, peut succéder une phase *condensée*, qui transforme l'organite sableux en un organite homogène,

transformation d'ailleurs progressive. Mais, si l'on traite un spicule par l'acide nitrique à chaud ou le mélange nitro-perchlorique de Kahane, il se forme des fissures, des trous, puis tout se désagrège en sable avec production de gaz; donc le ciment agglutinant, qui est probablement constitué par les protides protoplasmiques, ne fait que masquer le sable siliceux.

En résumé, il y a chez les Silicodermés, un métabolisme de la silice, mais, si nous avons quelques données morphologiques, nous ignorons son mécanisme chimique. Tout au plus peut-on supposer que, dans les silicates, l'acide silicique peut être déplacé de ses combinaisons par l'acide carbonique respiratoire. Le métabolisme des Silicodermés, ce qui était à prévoir, paraît totalement différent de celui des Éponges, autant que l'on en peut connaître. Cela démontre qu'une homologation, au point de vue de la silice, des divers animaux hétérotrophes avec les végétaux autotrophes et avec la silicose accidentelle, telle que vient de la tenter Antoine [1], est extrêmement discutable et en tous cas prématurée.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *L'action de l'ultrapression sur l'activité pathogène de quelques virus.* Note de MM. **James Basset**, **Stefan Nicolau** et **Michel-A. Machebœuf**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous avons soumis à l'action de l'ultrapression plusieurs virus : ceux de la rage, de l'herpès, de la fièvre jaune, de la fièvre aphteuse et de l'encéphalo-myélite enzootique (maladie de Borna). Le temps d'exposition à l'ultrapression a été de 30 minutes dans toutes les expériences résumées plus bas. Les émulsions virulentes faites soit dans du bouillon de bœuf, soit dans de l'eau physiologique, se sont comportées identiquement. 99 animaux ont servi pour réaliser l'ensemble de ces expériences. Les résultats positifs des inoculations ont été confirmés par des examens histologiques.

Virus rabique fixe. — Des émulsions cérébrales au 1/20e, décantées ou centrifugées, ont été soumises à l'ultrapression. Dans une première expérience, 7 lapins ont été inoculés dans le cerveau; un avec l'émulsion témoin et six avec les émulsions pressées à 4000, 5000 et 6000^{atm}. Le témoin succomba dans le délai habituel, un sur deux des animaux inoculés avec l'émulsion pressée à 4000^{atm} mourut de rage en 15 jours; les autres survécurent. Dans une deuxième expérience, deux témoins ainsi que quatre lapins inoculés avec

---

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 980.

des émulsions soumises à 2000 et 3000^{atm}, succombèrent à la rage. Enfin, une troisième expérience confirma ces résultats : les témoins, ainsi que les animaux inoculés avec les émulsions soumises à 3000 et 4000^{atm} succombèrent à la rage, ceux, inoculés avec des émulsions pressées à 5000 et à 6000^{atm}, survécurent.

Virus herpétique. — Nous avons réalisé, dans des conditions analogues, cinq expériences avec le virus herpétique cérébral de lapin; dans les deux premières, les émulsions, pressées à 3000, 4000, 5000 et 6000^{atm}, se sont montrées avirulentes, tandis que les témoins sont morts dans les délais habituels. Dans la troisième expérience, le lapin témoin et ceux inoculés avec les émulsions soumises à 1000 et 2000^{atm}, ont succombé à l'encéphalo-myélite herpétique; les animaux qui avaient reçu les émulsions pressées à 3000 et à 4000^{atm} ont survécu. La quatrième et la cinquième expérience ont été identiques à la précédente : la pression de 2000^{atm} a respecté l'activité pathogène du virus herpétique, celles de 3000 et de 4000^{atm} l'ont supprimée. Les animaux ayant survécu à l'inoculation de virus herpétique ultrapressé se sont montrés sensibles à l'inoculation ultérieure d'épreuve : absence d'immunité acquise.

Virus de la fièvre jaune. — Les singes (*Macacus rhesus*), inoculés dans la cavité cœlomique avec des émulsions soumises à 1000, 2000 et 3000^{atm}, ont succombé à la maladie conférée; ceux infectés avec l'émulsion témoin et avec celle pressée à 1000^{atm}, respectivement en 8 et 9 jours; les pressions plus élevées (2000 et 3000^{atm}) ont atténué en partie le virus et les animaux sont morts en 15 jours.

Virus de la fièvre aphteuse. — Le liquide de vésicules plantaires obtenues expérimentalement chez des cobayes, dilué au 1/50e, a été soumis à l'ultrapression. La virulence des germes, respectée par l'action d'une pression de 2000^{atm}, partiellement atténuée par la compression à 3000^{atm}, a été supprimée par des pressions plus élevées (4000, 5000, 6000 et 7000^{atm}).

Virus de la maladie de Borna. — Le pouvoir infectieux des émulsions cérébrales (lapin) de ce virus s'est montré plus résistant à l'action des ultrapressions que celui des émulsions virulentes utilisées dans les expériences précédentes. Deux séries d'expériences d'inoculations cérébrales d'émulsions ultrapressées nous permettent de conclure que le virus de l'encéphalo-myélite enzootique garde son pouvoir pathogène après l'exposition aux pressions de 2000, 3000, 4000, 5000 et même de 6000^{atm}; à 7000^{atm}, il est détruit.

Rappelons que des résultats de même ordre ont été obtenus avec le virus

vaccinal [1]. Les résultats de toutes ces expériences corroborent l'opinion que les ultravirus sont des éléments éloignés des enzymes et des toxines dont les propriétés caractéristiques sont respectées même par des pressions de 10000^{atm} [2]. Ajoutons que la résistance des ultravirus aux pressions très hautes ne va pas de pair avec leurs dimensions corpusculaires actuellement admises.

Conclusions. — Les virus sus-cités, soumis pendant 30 minutes à l'action de l'ultrapression, résistent tous à 2000^{atm}. Le virus *herpétique* est inactivé à 3000^{atm}; celui de la *fièvre aphteuse*, en partie atténué par une pression de 3000^{atm}, est rendu avirulent à 4000^{atm}; l'activité pathogène du virus *rabique fixe* est respectée à 3000^{atm}, atténuée à 4000^{atm} et supprimée à 5000^{atm}; le virus *amaril* supporte une pression de 3000^{atm} sans perdre sa virulence; enfin, le virus de la maladie de *Borna* résiste à l'action des pressions de 2000, 3000, 4000, 5000 et même de 6000^{atm} et devient inactif seulement après une exposition de 30 minutes à 7000^{atm}.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Formation d'acide cyanhydrique et d'urée par oxydation du lévulose, en milieu ammoniacal, à la température du laboratoire.* Note de M. **Jacques Parrod**, transmise par M. Georges Urbain.

L'oxydation de divers sucres par l'hydroxyde cuivrique ammoniacal et l'oxygène de l'air, à la température du laboratoire, fournit l'imidazol et plusieurs dérivés de ce noyau azoté [3], constituant important des nucléoprotéines. Une suite naturelle de cette étude consiste à rechercher si l'addition d'un sel ammoniacal au milieu oxydant, conduit à des produits de nature différente.

Il en est bien ainsi lorsque le sucre expérimenté est le lévulose, et le sel ammoniacal ajouté, le sulfite d'ammonium; on observe alors la formation d'acide cyanhydrique (environ 1 mol-g. de CNH pour 3 mol-g. de lévulose),

---

(1) J. Basset, Mme E. Wollman, M. A. Macheboeuf et M. Bardach. *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1138.

(2) J. Basset et M. A. Macheboeuf, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1431.

(3) Pierre Girard et Jacques Parrod, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 328; Yvonne Garreau et Jacques Parrod, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 657; Jacques Parrod, *Thèse*, *Ann. de Ch.*, 19, 1933, p. 233.

et de très peu d'urée. Dans des conditions identiques, mais en l'absence de sulfite d'ammonium on ne peut déceler ces deux composés.

Ils ne se forment pas non plus si l'on substitue le glucose au lévulose (avec ou sans sulfite d'ammonium).

La formation d'acide cyanhydrique a été signalée au cours de l'oxydation de substances carbonées par l'acide azotique. C'est M. Richard Fosse qui le premier a obtenu ce composé, ainsi d'ailleurs que l'urée, par oxydation de sucres en milieu ammoniacal ([1]). Il utilisait comme oxydant un permanganate, et pour obtenir un bon rendement en acide cyanhydrique, ajoutait un sel de mercure ou d'argent.

Il est intéressant de voir que l'acide cyanhydrique et l'urée peuvent se former à la température de 18°, à l'aide de procédés d'oxydation peu violents. Cette réaction est proche peut-être de celles qui, chez les végétaux, aboutissent à la formation d'acide cyanhydrique; plusieurs espèces contiennent en effet ce composé en quantité importante, et certains physiologistes supposent qu'il représente, même chez les végétaux chez lesquels on ne le décèle pas, un produit de passage vers les protéines.

Technique. — Dans une fiole conique de 300^{cm^3}, on introduit la solution suivante : lévulose (ou glucose), 9^g (1/10 mol-g); hydroxyde cuivrique, 10^g(1/10 mol-g); sulfite d'ammonium $d = 1,18$, 50^{cm^3} (1/10 mol-g); ammoniaque $d = 0,92$, 50^{cm^3} (1/2 mol-g); eau distillée, 100^{cm^3}.

On bouche avec un tampon de coton lâche et l'on abandonne une dizaine de jours. Le liquide reste bleu, et rapidement, dans le cas du glucose, se déposent des paillettes de dithionate cuivrique ammoniacal. Si le sucre expérimenté est le lévulose, le dithionate, moins abondant, se trouve mélangé à des cristaux incolores d'un cyanure de cuivre.

Pour vérifier l'influence du sulfite d'ammonium, on remplace celui-ci, dans deux expériences témoins, par 50^{cm^3} d'eau distillée. Un abondant dépôt amorphe se forme alors, mélange des sels de cuivre de divers imidazols.

Recherche de l'acide cyanhydrique. — On recherche ce composé séparément dans le précipité et dans la moitié du volume du liquide clair. On distille en milieu fortement chlorhydrique, recueille le distillat dans une solution de soude. Sur celui-ci on fait l'épreuve du bleu de prusse, négative, sauf

---

([1]) *L'urée* (Les Presses Universitaires de France), 1927, p. 163.

dans le cas du lévulose en présence de sulfite d'ammonium. On dose alors volumétriquement, par la méthode de Denigès.

Trouvé, à partir de 9g de lévulose : 0g,38 de CNH dans le précipité, et 0g,03 dans la solution.

Recherche de l'urée. — L'autre moitié du liquide clair est évaporée dans le vide. On reprend par l'eau, filtre. Le filtrat, évaporé à nouveau à sec, est repris par l'alcool. Après évaporation et reprise par un peu d'eau, on obtient une solution exempte de cuivre et ne contenant que des traces d'ammoniaque, dans laquelle on recherche l'urée par précipitation de xanthylurée. A partir du lévulose en présence de sulfite d'ammonium cette réaction est positive.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la microflore nitrificatrice des boues activées de Paris.* Note de Mlle **Hélène Winogradsky**, présentée par M. Serge Winogradsky.

Depuis les anciennes recherches de M. S. Winogradsky sur les organismes de la nitrification, plusieurs études ont été exécutées ayant pour but d'isoler les agents nitrificateurs actifs dans différents procédés d'épuration des eaux résiduaires. On y retrouvait généralement le microbe de la nitritation, ainsi que celui de la nitratation, les deux assez semblables aux espèces du sol, pour que les noms de *Nitrosomonas* et *Nitrobacter* leur soient également appliqués.

Mais quant au procédé des *boues activées*, les chercheurs étaient loin de se montrer aussi affirmatifs. D'un côté, la marche du phénomène et ses conditions ne paraissaient pas répondre aux notions classiques sur la nitrification biologique. D'un autre, les agents microbiens ne se laissaient pas isoler au moyen du procédé courant. En conséquence, des doutes ont été exprimés sur le rôle des organismes comme agents actifs dans ce cas. On est allé même jusqu'à attribuer le processus à des causes purement chimiques, en rapport avec l'oxydation concomitante du sulfure de fer, dont ces boues sont riches.

L'échantillon de boue étudié provenait de l'usine de Colombes. Les premières épreuves ont immédiatement révélé une densité extraordinaire de microbes spécifiques, telle comme on n'a jamais eu l'occasion de l'observer dans le sol. La nouvelle méthode, élaborée au cours des

recherches sur la nitrification reprises en 1933 à l'Institut Pasteur de Brie-Comte-Robert ([1]), a beaucoup facilité leur découverte.

Il est à rappeler que dans le sol arable on a trouvé trois genres, ou groupes, de Nitrosobactéries : 1° formes libres, souvent mobiles : *Nitrosomonas*; 2° formes à végétation coloniale (zoogléique) : *Nitrosocystis*; 3° formes spiralées : *Nitrosospira*. C'est le premier groupe qui paraît y jouer le rôle principal. Quant aux nitrobactéries, le *Nitrobacter*, isolé il y a plus de quarante ans, reste jusqu'à ce jour le seul ferment nitrique retrouvé par tous les chercheurs.

La population nitrificatrice des boues activées, autant qu'il m'a été possible de l'étudier, diffère notablement de celle du sol. Elle est morphologiquement beaucoup plus variée, et ce sont bien nettement les formes coloniales (zoogléiques) qui y dominent, s'agit-il de la nitritation, ou bien de la nitratation. Dans la présente Note, il ne me sera possible que de relever les principaux caractères différentiels de ces formes nouvelles qui ont été observés au cours des expériences de culture d'une durée de deux ans, ce qui est suffisant pour s'assurer de la stabilité de ces caractères. Une description détaillée munie d'illustrations paraîtra dans un autre Recueil.

Groupe des Nitrosobactéries. — 1° Forme libre. Souche de *Nitrosomonas*. Se distingue des souches déjà décrites par sa forme en bâtonnet trapu à bouts acuminés. Produit sur les plaques émaillées (avec $CaCO^3$) une coloration jaune orange, qui devient brune dans les cultures âgées.

2° Forme coloniale (zoogléique), *membraneuse*, composée de cellules cocciformes, se divisant en un plan à angle droit, formant ainsi des colonies massives, *ramifiées*, composées de colonies-filles *encapsulées*, *à structure mérismatique*. Nom proposé : *Nitrosogloea merismoïdes*.

3° Forme coloniale, composée de bâtonnets et courts filaments *engainés*, se divisant transversalement en articles aplatis, qui s'arrondissent tout en *restant réunis dans leur gaine commune;* les filaments s'enchevêtrent à la manière des filaments des champignons en formant des pelotons caractéristiques. Nom proposé : *Nitrosogloea schizobacteroïdes*.

4° Forme coloniale, *membraneuse*, composée d'une couche de cocci, retenus dans une glaire commune assez solidement, pour que toute la membrane s'enlève par la pointe de l'aiguille. La couche des cellules est uniforme et dépourvue de toute structure, ou groupement, comme c'est le cas avec les espèces précédentes. Nom proposé : *Nitrosogloea membranacea*.

([1]) Voir *Ann. Inst. Pasteur*, 50, 1933, p. 350.

5° Forme coloniale à caractères identiques ou rapprochés de ceux que l'on a constaté chez l'espèce *Nitrosocystis* (*loc. cit.*), assez fréquente dans le sol arable et qui paraît dominer dans le sol forestier. Elle pourrait être désignée *Nitrosocystis* souche *B. A.*

Groupe des Nitrobactéries. — 1° Forme coloniale. Végétation sur plaques sous forme de *grains* ou de *petites verrues*, qui percent la couche kaolinée et qui sont visibles à l'œil nu, atteignant jusqu'à 1 à 2^{mm} de diamètre. De teinte jaunâtre, elles brunissent en vieillissant. Cellules d'une petitesse extrême n'excédant pas quelques fractions de μ. La forme est en bâtonnet ou ellipsoïde minuscule, dont la substance chromatique est réduite à de petites granulations situées généralement aux deux bouts; de sorte qu'un groupe de cellules disséminées ne se présente souvent que comme un amas de granulations punctiformes, où il n'est pas toujours facile de délimiter les corps microbiens. Mais leur nature ne soulève aucun doute, car ces productions se groupent en colonies qui possèdent une structure déterminée : corps massifs arrondis, oviformes, composés d'un grand nombre de groupements enrobés dans une glaire commune. Nom proposé : *Nitrogloea micropunctata*.

2° Forme coloniale. Caractères microscopiques pareils à la précédente. Seulement, la masse paraît plus résistante et de teinte plus sombre. Colonies compactes, généralement sphériques munies de fortes capsules, isolées ou accotées l'une à l'autre jusqu'à former de véritables grappes. Cellules arrondies d'un diamètre de près d'un μ, colorables à leur périphérie. Nom proposé : *Nitrocystis B. A.*

Quant à l'intensité de l'action oxydante de ces agents bactériens, un point retient l'attention : c'est qu'elle est favorisée par une dose accrue de fer assimilable.

Le but se pose maintenant de reproduire l'effet exercé par les boues activées au moyen d'une combinaison des espèces isolées et dans des conditions semblables.

TUBERCULOSE. — *Résultats préliminaires sur le traitement de la tuberculose humaine au moyen de lysats vivants et formolés dérivés du B. C. G. et du B. Tuberculeux, et de sérums de chevaux immunisés avec ces antigènes.* Note de M. E. **Grasset**, présentée par M. Félix Mesnil.

Nous exposerons dans la présente Communication les résultats préliminaires concernant l'influence sur l'évolution de la tuberculose humaine : 1° de lysats vivants et formolés obtenus par un procédé de congélation répétée à partir du B. C. G. et du B. tuberculeux, dont nous avons exposé ailleurs [1] les propriétés biologiques et antigéniques ; 2° des sérums provenant de chevaux immunisés au moyen de ces lysats et doués *in vitro* de propriétés floculantes à l'égard de ces antigènes et des tuberculines humaine et bovine. Bien qu'il soit évidemment prématuré de vouloir tirer des conclusions définitives de ces premiers essais cliniques, qui nécessitent, comme tout essai thérapeutique en matière de tuberculose, un recul prolongé pour se faire une opinion rationnelle, nous pensons cependant que l'intérêt des résultats, observés chez un nombre relativement élevé de cas, nous autorise à faire connaître les faits suivants. Ces essais ont porté, non seulement sur des tuberculeux européens, mais également sur des Noirs, dont on connaît la sensibilité à la tuberculose et l'évolution rapide de celle-ci chez les sujets infectés. Ces Noirs de race Bantou faisaient partie des recrues indigènes des mines d'or du Rand, centralisés avant engagement dans l'institution sanitaire centrale à Johannesbourg (Dr A. I. Girdwood), où ils sont tenus sous une stricte observation médicale avant d'être enrôlés ou évacués par les autorités minières. Nos premiers essais, effectués en 1934, ont porté sur une cinquantaine de sujets tuberculeux, entre 20 et 40 ans, dont le diagnostic clinique avait été confirmé par les épreuves radiologiques et la présence réitérée de B. tuberculeux dans les crachats. Ils présentaient tous des lésions pulmonaires actives, uni ou bilatérales extensives, parfois compliquées de pleurésie ou péritonite, lésions accompagnées d'un état général souvent très atteint et cachectique, pouls entre 90 et 120, température irrégulière, jusqu'à 38,5. Un groupe de malades fut soumis à une série d'injections de sérum, provenant de chevaux immunisés par injections mixtes de lysats vivants et

---

[1] E. Grasset, *C. R. de la Soc. de Biol.*, **119**, 1935, p. 261.

formolés, et concentré et purifié par précipitation fractionnée au sulfate de soude. Après de petites doses préliminaires de 0,1 à 1^{cm^3}, ces malades reçurent 5 à 6 injections quotidiennes de 20^{cm^3} de sérum par voie intra-musculaire. Un autre groupe fut soumis aux essais de traitement antigénothérapique combiné, soit de lysats formolés de souche acido-résistante sur milieu de Sauton, de lysats de souche non acido-résistante sur gélose au sang humain, et de lysats vivants de B. C. G. Enfin un troisième groupe d'individus fut soumis au traitement mixte, sérothérapique et antigénique. De ces essais comparatifs, ceux correspondant au dernier groupe de traitement mixte nous ont donné les résultats les plus intéressants et les plus constants que nous résumerons ci-dessous, bien que des observations de même ordre, mais plus irrégulières, aient été notées chez des sujets des deux groupes sérum ou antigène seuls.

Une série de 35 Noirs tuberculeux présentant des lésions pulmonaires actives uni ou bilatérales, simples ou compliquées de localisations séreuses, pleurales ou péritonéales, furent soumis à ce traitement mixte sérum-lysats. Déjà, après quelques injections de sérum, nous avons observé chez certains malades une baisse de température qui s'accentua progressivement pour atteindre la normale en une semaine et s'y stabiliser. Cette baisse de température, qui semble coïncider avec une désintoxication des malades, est accompagnée dans les semaines suivantes d'une amélioration de l'état général, cessation des sueurs nocturnes, baisse graduelle du pouls, augmentation de l'appétit, diminution de la toux et de l'oppression ainsi que des crachats. Dans plusieurs cas compliqués de péritonite, généralement mortelle chez le Noir, nous avons observé une résorption graduelle du liquide péritonéal, sans ponction abdominale. Une dizaine de jours après la cessation des injections de sérum, nos malades ont été soumis au traitement antigénothérapique, consistant en des injections bihebdomadaires des lysats mentionnés à raison de doses sous-cutanées croissantes de $0^{cm^3},1$, $0^{cm^3},2$, $0^{cm^3},3$ à 2^{cm^3}, au cours des 2 à 3 mois suivants. Ce traitement antigénique, actif, par ces lysats, également très bien supporté, paraît nécessaire dans la plupart des cas pour maintenir et compléter l'action antérieure passive, réalisée par le sérum. Elle se traduit par une augmentation graduelle de poids et consolidation ultérieure, chez une grande proportion des tuberculeux ainsi traités, de l'état général et organique, pulmonaire ou pleuro-péritonéal.

Sur 21 cas pleuro-pulmonaires appartenant à ce groupe et pesés dès le début du traitement, 17 présentèrent, après 2 mois de traitement, une

augmentation de poids variant de 400^g à $4^{kg},750$, soit une augmentation moyenne de $2^{kg},250$, coïncidant chez la plupart d'entre eux avec une amélioration marquée de l'état général.

De même l'influence du traitement sur les lésions pulmonaires est reflétée par le fait que, chez 11 de ces 35 malades originellement tous bacillifères, soit 34 pour 100, la recherche répétée du bacille tuberculeux était devenue négative après examens répétés et homogénisation. Six Noirs parmi ces 11 derniers furent envoyés à titre d'essai pour travailler dans les mines. Des examens cliniques et bactériologiques, effectués tous les 15 jours durant les 3 mois suivants, ont jusqu'ici confirmé la consolidation réalisée par le traitement chez ces sujets, dont la température est restée normale, les crachats négatifs et dont le poids s'est maintenu ou a encore légèrement augmenté malgré la dure épreuve physique à laquelle ils sont astreints. Des résultats cliniques analogues, voire même plus marqués, ont été également observés chez des Européens tuberculeux soumis à ce même traitement mixte. Ils seront exposés dans une publication ultérieure, avec les détails cliniques qu'ils comportent, et après le recul que nécessite une interprétation de faits de cette nature. Nous poursuivons nos essais thérapeutiques sur différentes formes cliniques tuberculeuses.

Afin d'augmenter dans la mesure du possible la spécificité des antigènes servant à la préparation de ces lysats et sérums, nous poursuivons des essais comparatifs utilisant respectivement, pour la préparation de ces produits, des souches tuberculeuses humaines et bovines.

M. **Ch. Voillaume** adresse une Note sur le *Rayonnement pénétrant terrestre et son rapport avec le Cancer.*

Cette Note est renvoyée à une Commission formée des Sections de Physique, de Médecine et Chirurgie et de MM. **Henri Deslandres** et **Louis Lapicque**.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 8 avril 1935.)

Note de M. *Charles Dhéré* et M[lle] *Anne Raffy*, Sur les spectres de fluorescence des phéophorbides :

Page 1368, ligne 5, *au lieu de* à 633,5 pour *b*, *lire* à 663,5 pour *b*.

(Séance du 6 mai 1935.)

Note de M. *Émile Mathias*, Le diamètre de la courbe des densités :

Page 1645, formule, 3e terme du second membre, *au lieu de* $+7.10^{-9}(T-100)$, *lire* $+7.10^{-9}T^2(T-100)$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 JUIN 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Pentecôte, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 12 au lieu du lundi 10 juin.

LITHOLOGIE. — *Constitution des phosphates sénoniens de Palestine et de Transjordanie.* Note de M. **Lucien Cayeux.**

L'existence des phosphates de chaux sénoniens est connue depuis longtemps dans les États du Levant sous mandat français et anglais, où elle a été observée pour la première fois par notre compatriote Lartet. M. Blanckenhorn les a étudiés à plusieurs reprises, et c'est par ses publications, remontant à 1896, 1902 et 1912, que la formation phosphatée a d'abord été définie. Dans ces dernières années, leur étude a été reprise par M. G. S. Blake, conseiller géologique du Gouvernement palestinien, et M. L. Picard, professeur à l'Université hébraïque de Jérusalem. Grâce à des matériaux que je dois à l'obligeance de M. Blake et de M. Dubertret, chef de la Section géologique à Beyrouth, il m'est possible d'en faire connaître les principales caractéristiques.

Les phosphates de Palestine et de Transjordanie sont apparentés à ceux de Syrie par un certain nombre de traits communs, mais ils en diffèrent beaucoup à plus d'un titre.

Du point de vue qualitatif les changements n'ont rien de fondamental. On y retrouve les mêmes éléments essentiels : grains phosphatés, indiffé-

renciés et indépendants des organismes, Foraminifères du groupe des Bulimes, ainsi qu'une gangue crayeuse, convertie ou non en calcite, presque toujours en l'absence de quartz dans les coupes minces. Les différences observées, celles-ci parfois très grandes, tiennent avant tout au degré de fréquence des matériaux phosphatés, à une imprégnation bitumineuse, développée à une échelle très variable, et, enfin, à des modifications de composition et de structure d'origine dynamique (Transjordanie).

Il existe des craies phosphatées typiques, toutes pareilles à celles de Syrie, composées de grains phosphatés prépondérants, accompagnés de débris osseux, maintenus en place par une gangue crayeuse très pure, riche en Bulimes (région de Jéricho), non phosphatée si peu que ce soit. Par toutes les transitions, ces craies passent à des phosphates dans lesquels les grains sont en minorité, et les Bulimes, clairsemées, rares ou absentes, en raison de la multiplication et, finalement, de l'abondance des restes de tissu osseux. Il en résulte la formation de microbrèches ossifères, non plus à l'état d'exceptions comme en Syrie, mais susceptibles de revêtir une très grande fréquence, tant en Palestine qu'en Transjordanie.

Le facies des fragments de tissu osseux, souvent réunis par centaines dans une seule et même coupe, est très particulier. Aux débris de forme quelconque et d'identification facile, par suite de leur microstructure caractéristique, s'ajoutent, en proportion variable, des éléments de forme allongée, grossièrement prismatiques, plus ou moins tronçonnés, parfois tellement nombreux que les phosphates en sont pétris. Quelques-uns seulement de ces matériaux prismatiques trahissent leur origine organique en lumière blanche. Il en est parmi eux qui ne la révèlent qu'entre les nicols croisés.

Tous réagissent sur la lumière polarisée à la façon de l'apatite avec production ou non d'ombres roulantes, selon que l'édifice cristallin est déformé ou non. Il en résulte que les microbrèches de ce groupe se signalent par une texture cristalline susceptible de prendre un grand développement et de se généraliser.

De constitution aberrante dans l'ensemble des phosphates sédimentaires, ces brèches sont loin d'être faciles à interpréter. A lui seul, le morcellement de leurs débris osseux, avec tendance à réaliser des formes prismatiques, est une énigme. Mais beaucoup plus importante est l'absence de microstructure caractéristique dans la très grande majorité des éléments. De toute nécessité, il faut choisir entre deux explications : 1° Cette microstructure existait dans la totalité des individus, et elle a été détruite. Les

deux catégories de types en présence n'étant jamais reliées par des stades intermédiaires, correspondant à des états de conservation différents, l'hypothèse est à rejeter. 2° Elle n'a jamais existé, lorsqu'elle manque, et le tissu osseux d'une foule de Vertébrés de l'époque était caractérisé par une structure indifférenciée, massive et non poreuse, dans tout ou partie des éléments du squelette. Si telle est la vérité, le fait est à retenir pour l'interprétation de matériaux à facies de débris osseux, dépourvus de canalicules et de corpuscules osseux, observés dans des terrains paléozoïques très anciens, qui n'ont jamais fourni la plus petite trace de Vertébrés, d'authenticité indiscutable.

L'imprégnation bitumineuse, qui peut être poussée très loin, affecte les grains phosphatés ainsi que les restes de Vertébrés, et nullement les Foraminifères et la gangue, particularité qui tend à prouver que la matière, dite bitumineuse, a été introduite dans le milieu par l'intermédiaire de ces matériaux et, partant, que l'imprégnation est antérieure à l'accumulation des éléments du dépôt. Il se peut qu'un tel enseignement soit par trop exclusif et qu'il y ait des exceptions. En ce qui concerne l'élaboration de cette matière et le mécanisme de l'imprégnation, tout fait supposer que la question relève d'un problème général et que la connaissance des phosphates nord-africains est nécessaire, pour en trouver la solution.

Les phénomènes mécaniques auxquels on rapporte les transformations profondes, subies par certains phosphates de Transjordanie, ont abouti à des roches qui ne rappellent en rien leur point de départ. Celui-ci est un phosphate composé de grains amorphes et de nombreux fragments de tissu osseux. Aussi longtemps que la morphologie première des éléments reste discernable, on observe des grains peu ou point déformés, convertis en agrégats de granules, composés de phosphate cristallin de très faible biréfringence et de débris de tissu osseux à microstructure conservée ou non, déformés et caractérisés par des extinctions très onduleuses. La métamorphose vient-elle à s'accentuer beaucoup, tous les matériaux s'allongent, s'étirent, se laminent et s'ordonnent parallèlement les uns aux autres, en se fondant en une masse homogène, à caractères optiques uniformes. Le terme ultime est une roche de coloration vert turquoise, qualifiée d'apatite, à texture schisteuse, qui ne révèle en rien son origine première.

Cette transformation radicale, mais purement accidentelle, n'empêche pas les phosphates de Transjordanie, et encore moins ceux de Palestine, de présenter les plus grandes affinités avec les phosphates de Syrie. A eux tous, ces phosphates constituent une province spéciale, distincte de la pro-

vince anglo-parisienne, correspondant au domaine de la craie blanche typique et des craies phosphatées à textulaires. Trois traits dominants la caractérisent : nature indifférenciée et amorphe des grains phosphatés, fréquence des restes de tissu osseux, au point que le type microbrèche ossifère est très répandu, et rôle nul des Foraminifères dans la fixation du phosphate de chaux. Ces phosphates n'en sont pas moins, comme ceux de nos craies phosphatées, des produits épigéniques du carbonate de chaux, réserve faite, bien entendu, pour tous les matériaux se réclamant du tissu osseux.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur les Céphalopodes planctoniques de l'Océan Atlantique (croisières du* Dana, 1921-1922). Note de M. **Louis Joubin.**

La collection des Céphalopodes récoltés dans l'Océan Atlantique (en 1921-1922) par le regretté professeur J. Schmidt est, de beaucoup, la plus considérable qui ait jamais été rassemblée. J'estime à plus de 30000 le nombre d'échantillons que j'ai pu examiner. Ces Céphalopodes, qui sont exclusivement des espèces planctoniques, proviennent de deux croisières : l'une accomplie dans une direction NO-SW entre Copenhague et le Brésil, l'autre suivant une ligne S-N joignant le Cap à Copenhague. Les captures ont eu lieu surtout dans les eaux éclairées, entre 100 et 500^m de profondeur et l'on ne compte qu'un petit nombre de pêches effectuées entre 1000 et 3000^m.

L'étude de ces Céphalopodes m'a conduit à formuler les conclusions suivantes :

1° Les individus adultes sont rares; pour certaines espèces, il n'en a été pris aucun. Ce sont les larves et les jeunes qui forment la presque totalité des captures. On peut penser que les adultes vivent à une grande profondeur ou que ceux habitant la surface sont assez bons nageurs pour échapper aux engins.

2° Les larves pullulent dans les eaux éclairées, riches en microplancton, de 50 à 150^m de profondeur. Beaucoup, très petites, sont manifestement nées depuis peu de temps et il est probable que leurs parents, habitant normalement les eaux profondes, sont venus pondre dans les eaux superficielles pour regagner ensuite les couches abyssales.

3° En établissant la courbe de fréquence des larves d'une espèce, on constate qu'elles sont en nombre maximum vers 100^m; elles diminuent ensuite rapidement et disparaissent vers 200^m.

4° Certaines espèces ont été capturées en des points très éloignés les uns des autres montrant ainsi qu'elles possèdent une aire de dispersion très vaste.

5° Parmi les Céphalopodes dibranchiaux une famille, celle des *Cranchiadæ* a toujours été considérée comme constituée par des animaux rares. Or les croisières du *Dana* ont montré que ces Céphalopodes sont extrêmement communs. Les jeunes pullulent dans les eaux éclairées de toutes les mers; ce sont des animaux très prolifiques qui doivent, en arrivant à l'état adulte, plonger dans les eaux profondes d'où ils ne remontent que pour pondre et mourir aussitôt après.

6° D'une manière générale on peut remarquer, dans l'ensemble des Céphalopodes planctoniques, deux types de larves à évolution très différente. Les unes éclosent avec la forme qu'elles conserveront pendant toute leur existence, n'ayant qu'à compléter certains de leurs organes larvaires. Les autres, au contraire, naissent sous une forme complètement différente et subissent de véritables métamorphoses. Les deux familles les plus caractéristiques sous ce rapport sont les *Chiroteuthidæ* et les *Cranchiadæ*. Il en résulte que beaucoup d'auteurs, n'ayant pu étudier que des individus isolés, ont établi des espèces et même des genres pour un même animal. J'ai pu constituer des séries et montrer que beaucoup de ces genres et de ces espèces ne sont que des états successifs d'une seule espèce revêtant des aspects extrêmement différents.

7° De tout ce qui précède, il résulte que les Céphalopodes planctoniques sont, non pas des animaux rares, comme on était en droit de le penser, mais au contraire des animaux abondants, très prolifiques, dont les larves peuplent en foule les eaux éclairées de l'Océan Atlantique.

CHIRURGIE. — *Utilisation d'un segment de moelle comme greffon hétéroplastique de nerfs périphériques.* Note (¹) de MM. **Antonin Gosset** et **Ivan Bertrand**.

Dans le traitement, chez l'homme, des sections nerveuses périphériques par hétérogreffe, on peut employer le nerf de veau fixé à l'alcool (méthode de Nageotte) ou le nerf frais prélevé sur un chien (méthode de A. Gosset), cette dernière méthode étant aujourd'hui la plus utilisée.

(¹) Séance du 27 mai 1935.

Il est admis que le développement excessif du tissu conjonctif est un des principaux obstacles à la perméabilité de la greffe. Nageotte lui-même insiste sur ce fait [1] : « Plus la substance collagène contenue dans le greffon est abondante et plus la cicatrice sera fibreuse. Le greffon doit être aussi pauvre que possible en substance collagène. »

Frappés par ces conclusions, nous avons pensé que du parenchyme nerveux *central*, tel qu'un segment de moelle, parenchyme ne renfermant dans tous les cas qu'une très faible proportion de tissu collagène réduit aux méninges et aux vaisseaux, pouvait être utilisé comme greffon hétéroplastique avec quelque chance de réussite.

Un grand obstacle à l'emploi d'un tronçon médullaire est sa friabilité extrême, que la greffe soit morte ou vive. Cependant, en utilisant simultanément la dure-mère spinale, les points de suture ont une bonne prise sur cette enveloppe fibreuse, à condition de recourir à un animal adulte et de ne pas conserver le greffon trop longtemps dans le fixateur.

Jusqu'ici, tout au moins à notre connaissance, une telle tentative n'avait pas été faite. Les premiers essais nous ont donné un succès si net que nous désirons les présenter sans tarder.

L'animal d'expérience est un jeune chien de 20^{kg} environ. Les greffons utilisés sont des tronçons de moelle de lapin conservés depuis quelques jours dans l'alcool à 90°. La dure-mère spinale a été enlevée et sectionnée en même temps que la moelle.

Première greffe. — Le 19 mars 1935, on intervient sur le membre inférieur *gauche*. Le chien est anesthésié à l'éther, avec une canule intratrachéale. Incision à la partie moyenne de la cuisse. On sectionne le sciatique poplité interne immédiatement au-dessous de son origine. Un greffon de 8^{mm} est prélevé sur une moelle de lapin jeune conservée depuis trois jours dans l'alcool. Le greffon médullaire est mis en place et suturé aux bouts proximal et distal du sciatique, à l'aide de points de soie portant sur le névrilemne et la gaîne dure-mérienne.

Le lendemain de l'opération, paralysie complète, l'animal ne peut détacher le talon du sol. Disparition du réflexe achilléen.

Deuxième greffe. — Le 26 mars 1935, une intervention analogue à la précédente est pratiquée sur le côté *droit*.

Incision basse sur la face postérieure de la cuisse droite. On libère le sciatique poplité interne entouré d'arcades vasculaires qu'on lie. Le nerf

---

[1] *C. R. Soc. Biol.*, 80, 8 déc. 1917, p. 925-933.

est sectionné peu après son origine. Un greffon long de trois centimètres est prélevé sur une moelle de lapin fixée depuis 10 jours dans l'alcool. La mise en place et la suture n'offrent aucune difficulté.

Le lendemain, paralysie complète du sciatique poplité interne. Les talons de l'animal reposent entièrement sur le sol et ne peuvent en être détachés. La marche est difficile; l'animal ne peut ni sauter, ni se dresser sur son arrière-train.

Récupération fonctionnelle. — Au début de mai 1935, *six semaines* environ après la dernière intervention, l'amélioration fonctionnelle est manifeste. Le chien en marchant détache les talons du sol, mieux à gauche. Parfois il glisse, en écartant les pattes postérieures. L'animal peut se dresser sur ses pattes de derrière sans aucun soutien et même sauter. L'atrophie musculaire est modérée. La sensibilité à la piqûre est normale. Les réflexes achilléens sont toujours abolis.

Un *examen électrique* est pratiqué le 8 mai 1935 par le Dr Pierre Mathieu dans le service d'électrothérapie du Dr Bourguignon, à la Salpétrière :

a. Le nerf sciatique poplité interne reste excitable de chaque côté et les réponses des muscles qu'il innerve sont vives. Il ne s'agit donc pas de diffusion.

b. Les muscles innervés par les sciatiques poplités internes présentent une lenteur de contraction légère, mais nette, par excitation longitudinale.

Cette lenteur est plus nette à droite

Donc : nerfs sciatiques poplités internes excitables. Coexistence d'éléments lents et d'éléments vifs au niveau des muscles innervés par les sciatiques poplités internes (RD partielle classique).

Étude histologique. — Dans le but de vérifier histologiquement la regénération nerveuse et d'éliminer sans discussion possible toute idée de suppléance neuro-musculaire, on réintervient le 14 mai 1935 sur le côté gauche.

Le niveau de la greffe est identifié grâce à un léger renflement ovoïde du nerf. On résèque cette greffe avec les segments immédiatement sus et sous-jacents du sciatique poplité interne. La pièce réséquée mesure environ 15^{mm} de longueur, elle est débarrassée du tissu cellulo-graisseux qui l'entoure et fixée dans l'alcool ammoniacal. On pratique ensuite une imprégnation neurofibrillaire suivant la technique à l'argent réduit de Ramon y Cajal. Après inclusion à la paraffine, la pièce est débitée en coupes longitudinales sériées de 5^{μ} d'épaisseur. L'imprégnation est partout correcte, malgré le volume du fragment.

Le bout supérieur du nerf ne montre aucune lésion appréciable, aucune

névrite rétrograde. Tout le greffon médullaire est admirablement neurotisé, ainsi que la méninge molle qui l'accompagne. On parvient çà et là à identifier quelques blocs argentaphiles correspondant à des cellules neuroganglionnaires ratatinées et en voie de dégénérescence manifeste. Les fils de soie traversant le greffon sont contournés par des neurites néoformés, en arcades élégantes. Enfin le bout inférieur du sciatique renferme une énorme quantité de cylindraxes généralement groupés en minces fascicules. Nulle part, trace de réaction inflammatoire.

La démonstration histologique de la régénération nerveuse, et de la perméation de la greffe, vient donc confirmer les constatations électriques et la restitution fonctionnelle évidente.

On conçoit l'intérêt d'une telle réussite. L'efficacité d'un greffon hétéroplastique, de nature centrale et particulièrement médullaire, se trouve ainsi démontrée. Nous espérons tenter l'application, chez l'homme, de cette nouvelle sorte de greffon.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques propriétés extrémales des intégrales successives.* Note de M. **Serge Bernstein**.

M. H. Bohr (¹) donne (sans démonstration) une proposition équivalente à la suivante :

Si la fonction $f(x)$ satisfait aux conditions

$$\int_0^{2\pi} f(x)\,dx = 0, \qquad f(2\pi) = f(0) \tag{1}$$

et $|f'(x)| \leqq 1$ *pour* $0 \leqq x \leqq 2\pi$, *on a, dans le même intervalle,* $|f(x)| \leqq \pi/2$.

Nous allons généraliser cette proposition en supposant que

$$\int_0^{2\pi} f(x)\,dx = 0, \qquad f^{(k)}(2\pi) = f^{(k)}(0) \qquad (k = 0, 1, \ldots, n-1) \tag{2}$$

et $|f^{(n)}(x)| \leqq 1$.

Considérons d'abord le cas où $n = 2s + 1$ est impair.

On a alors

$$f(x) = \frac{(-1)^s}{\pi} \int_0^{2\pi} f^{(n)}(\alpha) \sum_1^{\infty} \frac{\sin k(\alpha - x)}{k^n}\,d\alpha. \tag{3}$$

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1276.

Donc la fonction

$$f_{x_0}(x)=\frac{(-1)^s}{\pi}\left[\int_{x_0}^{\pi+x_0}\sum_1^\infty \frac{\sin k(\alpha-x)}{k^n}\,d\alpha-\int_{\pi+x_0}^{2\pi+x_0}\sum\frac{\sin k(\alpha-x)}{k^n}\,d\alpha\right]$$

$$=(-1)^s\frac{2}{\pi}\int_{x_0}^{\pi+x_0}\sum_1^\infty\frac{\sin(2h+1)(\alpha-x)}{(2h+1)^n}\,d\alpha=(-1)^s\frac{4}{\pi}\sum_1^\infty\frac{\cos(2h+1)(x-x_0)}{(2h+1)^{n+1}}$$

est la fonction qui donne le module maximum cherché

$$(4)\qquad M_{2s+1}=\frac{4}{\pi}\sum_1^\infty\frac{1}{(2h+1)^{2s-2}}=\frac{2^{n+1}-2}{(n+1)!}\pi^n\,|B_{n+1}|$$

(où B_{2k} sont les nombres de Bernoulli), réalisé pour $x=x_0$ puisque $f_{x_0}^{(n)}(x)=\pm 1$ dans les intervalles correspondants rend maxima l'intégrale (3). Ainsi, $M_1=\pi/2$, $M_3=\pi^3/24$, $M_5=\pi^5/240$ et M_{2s+1} *tend en décroissant vers* $4/\pi$, lorsque $s\to\infty$.

Observons que, pour $0\leqq x\leqq\pi$, on a $(n=2s+1)$

$$(5)\qquad f_0(x)=F_{2s+1}(x)=\frac{x^n}{n!}-\frac{M_1}{(n-1)!}x^{n-1}+\frac{M_3}{(n-3)!}x^{n-3}+\ldots+(-1)^{s+1}M_{2s+1},$$

car les dérivées d'ordre pair de $f_0(x)$ réalisent également le maximum correspondant pour $x=0$.

Il importe de rappeler (¹) ici une autre des propriétés extrémales qui caractérisent la fonction $F_{2s+1}(x)$ [et $F_{2s+1}(\pi/2-x)$] et sa dérivée

$$(6)\qquad F_{2s}(x)=F'_{2s+1}(x)=\frac{x^{2s}}{2s!}-\frac{M_1x^{2s-1}}{(2s-1)!}+\frac{M_3x^{2s-3}}{(2s-3)!}-\ldots+(-1)^sM_{2s-1}x$$

sur le segment $(0, \pi/2)$. *Le polynome* $F_n(x)$ *s'écarte le plus de zéro dans l'intervalle* $(0, \pi/2)$ *parmi les fonctions* $f(x)$ *dont la dérivée d'ordre* n *ne dépasse pas* 1 *en valeur absolue et qui s'annulent au moins une fois dans cet intervalle ainsi que leurs dérivées des* $(n-1)$ *premiers ordres. Cet écart maximum* $L_n=M_n$, *lorsque* $n=2s+1$ *est impair, et*

$$L_n=\left|F_n\left(\frac{\pi}{2}\right)\right|=\frac{|E_{2s}|}{2s!}\left(\frac{\pi}{2}\right)^{2s}$$

(où E_{2s} sont les nombres d'Euler), *si* $n=2s$ *est pair.* On a

$$\lim_{n=\infty}L_n=\frac{4}{\pi}\qquad\text{et}\qquad\frac{\pi}{2}=L_1>L_3>\ldots>\frac{4}{\pi}>\ldots>L_4>L_2>\frac{\pi^2}{8}.$$

(¹) *Congrès international des Mathématiciens*, Bologne, 1928, p. 274.

Cependant, lorsque $n=2s$, les polynomes $F_{2s}(x)$ ne fournissent plus immédiatement la solution du problème posé au début.

Actuellement, pour $n=2s$, la formule (3) se trouve remplacée par

$$(7) \qquad f(x)=\frac{(-1)^s}{\pi}\int_0^{2\pi} f^{(n)}(\alpha)\sum_1^\infty \frac{\cos k(\alpha-x)}{k^n}\,d\alpha.$$

En désignant par $\theta<\pi/2$ la racine de l'équation

$$\sum_1^\infty \frac{\cos k\alpha}{k^n}=0,$$

on voit, à cause de la condition $f^{(n-1)}(2\pi)=f^{(n-1)}(0)$, que le maximum (pour $x=0$) sera réalisé si l'on pose

$$f^{(n)}(\alpha)=f^{(n)}(2\pi-\alpha)=1 \qquad \text{pour } 0<\alpha<\theta,$$
$$f^{(n)}(\alpha)=f^{(n)}(2\pi-\alpha)=-1 \qquad \text{pour } \pi-\theta<\alpha<\pi$$

et

$$f^{(n)}(\alpha)=f^{(n)}(2\pi-\alpha)=0 \qquad \text{pour } \theta<\alpha<\pi-\theta.$$

Ainsi, la fonction extrémale cherchée sera

$$(8) \qquad f_0(x)=(-1)^s\frac{2}{\pi}\sum_1^\infty \frac{\sin(2h+1)(\theta+x)+\sin(2h+1)(\theta-x)}{(2h+1)^{n+1}}.$$

et le maximum

$$M_{2s}=|F_{2s}(\theta)|=\frac{4}{\pi}\sum_1^\infty \frac{\sin(2h+1)\theta}{(2h+1)^{2s+1}}<L_{2s}=\frac{|E_{2s}|}{2s!}\left(\frac{\pi}{2}\right)^{2s}.$$

D'ailleurs, $(\theta/\pi)^2$ satisfait à une équation algébrique de degré s à coefficients rationnels facile à former. Ainsi, on a

$$M_2=\frac{\pi^2}{6}(\sqrt{3}-1), \qquad M_4=\frac{\pi^4}{45}\left[1-\left(1-\sqrt{1-\frac{4}{\sqrt{30}}}\right)\left(\frac{4\sqrt{30}-15}{8}\right)\right]$$

et, en général, lorsque $s\to\infty$, M_{2s} tend en croissant vers la limite commune $4/\pi$ de M_n et L_n.

THERMODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la courbure du diamètre des densités*. Note de M. **Émile Mathias**.

1. Il y a intérêt à connaître, en chaque point s'il se peut, la courbure, appréciable bien que faible, du diamètre des densités. La courbure $C=1/R$

du diamètre $y = D_0 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3$, où t est la température centigrade, est donnée, après suppression des termes négligeables, par

$$C = \frac{1}{R} = \frac{\frac{d^2y}{dt}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}} = 2\beta + 6\gamma t,$$

formule qui ne contient que les coefficients β et γ des termes qui complètent la partie rectiligne du diamètre, et par suite introduisent la courbure (positive quand le diamètre est convexe vers l'axe des abscisses, négative dans le cas de la concavité).

On voit que *la courbure varie proportionnellement à la température*. Il y a deux catégories de diamètres (ou de corps) : la première ($\gamma > 0$) dont la courbure augmente *algébriquement* quand t croît; la seconde ($\gamma < 0$) dont la courbure diminue *algébriquement* dans les mêmes conditions.

Le *point d'inflexion* du diamètre ($C = 0$, $R = \infty$), donné par $t_i = -\beta/3\gamma$ peut-être situé au-dessus du point critique (*domaine gazeux*, alcool éthylique), ou dans le *domaine solide* (alcool propylique et CO), ou dans le *domaine liquide* (alcool méthylique). Dans les deux premiers cas, C garde toujours le même signe; dans le troisième cas, il y a changement de signe quand t traverse le *point d'inflexion*.

Les quatre corps étudiés figurent dans les deux tableaux suivants :

Corps.	Nos.	$\beta.10^9$.	$\gamma.10^{12}$.	t_i.	t_c.
Alcool méthylique......	1	+133	−2375,6	+ 18°,6	+240°,0
» éthylique.......	2	−594	+ 65,1	+2970	+243,1
» propylique......	3	−375	− 553,3	− 226	+263,7
Oxyde de carbone......	4	−700	+7000	T_i= 33,3	T_c=132,88

t.	C.10⁹. 1.	2.	3.	R.10⁻⁵. 1.	2.	3.
t_c.....	−3155	−1093	−1625	− 3,2	−9,15	− 6,15
+200°...	−2585	−1109	−1414	− 3,9	−9,0	− 7,1
150....	−1872	−1129	−1248	− 5,3	−8,85	− 8,0
100....	−1160	−1149	−1082	− 8,6	−8,7	− 9,2
50....	− 447	−1168	− 916	−22,4	−8,6	−10,9
0....	+ 266	−1188	− 760	+37,6	−8,4	−13,3
	2e catégorie.	1re catégorie.	2e catégorie.			

T.	C.10⁹. 4.	R.10⁻⁵ 4.
T_c.....	+4181	+2,4
120°...	+3640	+2,7
110....	+3220	+3,1
100....	+2800	+3,6
90....	+2380	+4,2
80....	+1960	+5,1
70....	+1540	+6,5
	1re catégorie.	

2. Dans des cas beaucoup plus nombreux, l'équation du diamètre est du

deuxième degré ($\gamma = 0$). On n'a plus qu'une valeur moyenne de C et de R.

Les mesures de S. Young donnent :

Corps.	$C = 1/R = 2\beta.10^9$.	$R.10^{-5}$.	Poids moléculaire.	$C/M.10^9$.
CCl^4	+294	+ 34	153,45	+1,93
$SnCl^4$	+195,4	+ 51	259,3	+0,75
Éther	− 95	−105	73,84	−1,29
Acide acétique	−238,2	− 42	59,86	−3,97
C^6H^5F	+ 58,6	+171	95,8	+0,61
C^6H^5Cl	−101,8	− 98	112,2	−0,91
C^6H^5Br	−145	− 69	156,6	−0,93
C^6H^5I	−103,8	− 96	203,4	−0,51
C^6H^6	+138,6	+ 72	77,84	+1,78
$(CH^2)^6$	+158,2	+ 63	84	+1,88
Isopentane	+ 92,6	+103	72	+1,29
Di-isopropyle	+ 82,6	+121	86	+0,96
Di-isobutyle	−112,4	− 84	114	−1,04
Heptane normal	−124,2	− 80,5	100	−1,24
Octane normal	−209,2	− 48	114	−1,84
Butyrate de méthyle	−181,2	− 55	102	−1,78
Isobutyrate de méthyle	−137,8	− 72,5	102	−1,35
Propionate de méthyle	−145,8	− 69	88	−1,66
Propionate d'éthyle	−156,8	− 64	102	−1,54
Acétate de méthyle	−293,4	− 34	74	−3,97
Acétate d'éthyle	−152,8	− 65	88	−1,73
Acétate de propyle	−224,8	− 44	102	−2,20
Formiate de méthyle	−133,0	− 75	60	−2,22
Formiate d'éthyle	−132,3	− 72	74	−2,12
Formiate de propyle	− 91,8	−109	88	−1,04

Les mesures de Leyde, d'autre part, nous ont donné :

Corps.	$C = 1/R = 2\beta.10^9$.	$R.10^{-5}$.	Poids moléculaire.	$C/M.10^9$.
Azote	+9330	+ 1,07	28	+333
Argon	− 744	− 6,7	40	− 18,5
Oxygène	+1525	+ 3,25	32	+ 47,7
Hydrogène	− 4,96	−2020	2	− 2,48

3. *Quelques remarques.* — *a.* L'azote, l'oxyde de carbone et l'oxygène ont des rayons de courbure du même ordre de grandeur, plus petits que ceux des trois alcools de S. Young, mais leur courbure est positive, *ces trois corps faisant exception aux deux règles édictées par le savant anglais.*

b. Les trois alcools à part, les rayons de courbure de tous les corps

étudiés par S. Young, *quel que soit leur signe*, sont d'un ordre de grandeur dix fois plus grand que ceux de Az^2, Ar, O^2.

c. Le pentane normal et l'hexane normal mis à part à cause de leur diamètre considéré par S. Young comme rigoureusement rectiligne, le rayon de courbure de l'hydrogène est le plus grand de tous ceux dont la courbure soit appréciable.

d. Dans les groupes naturels des corps organiques, la courbure demeure en général du même ordre de grandeur et varie dans le même sens que le poids moléculaire sans que le rapport C/M demeure rigoureusement constant.

e. L'acétate de méthyle et le formiate de propyle font exception à la loi de continuité, la courbure étant, en valeur absolue, beaucoup trop grande pour le premier et beaucoup trop petite pour le second, pour des raisons inconnues.

f. Les règles édictées par S. Young pour le signe de la courbure du diamètre contiennent une large part de vérité; mais leur étude est à reprendre, tant à cause des exceptions signalées ici qu'à cause du diamètre rectiligne de l'hexane normal, qui fait lui-même exception à la première règle de S. Young plus particulièrement.

ASTROPHYSIQUE. — *Les raies rouges de l'oxygène dans le spectre du ciel nocturne*. Note [1] de M. JEAN CABANNES.

I. J'ai déjà décrit [2] les radiations émises par le ciel nocturne, en mai 1934, dans l'intervalle spectral 5500-6700 Å. La raie 5577 mise à part, on observait un spectre de bandes. La faible intensité de la plupart de ces bandes et la faible dispersion du spectrographe rendent difficiles l'observation et l'analyse du spectre. J'y ai cependant reconnu certaines bandes du premier système positif de l'azote et probablement aussi, comme l'avait déjà remarqué Sommer, les bandes telluriques de l'oxygène et de la vapeur d'eau. Mais les raies rouges du triplet de l'atome d'oxygène ${}^1S_0 \rightarrow {}^3P_{0,1,2}$ n'apparaissent pas nettement; il n'y a pas trace des composantes faibles

---

(1) Séance du 27 mai 1935.

(2) J. CABANNES et J. DUFAY, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 306 et 2132; **199**, 1934, p. 909; **200**, 1935, p. 878 et 1504.

6391 et 6364; quant à la composante la plus intense 6300, elle se distingue mal d'une bande plus large dont le maximum est voisin de 6314 Å.

II. J'ai repris cette étude en avril 1935 et j'ai obtenu, dans la nuit du 5 au 6 avril, avec une pose de 8 heures 30 minutes, un spectre où la principale composante du triplet rouge de OI a pris une intensité remarquable. J'ai pu mesurer avec assez de précision sa longueur d'onde et j'ai trouvé 6301,4 ± 0,6 Å. La deuxième composante du doublet apparaît plus faiblement en 6361,7 Å (détermination moins précise); la troisième n'est pas visible. La figure 1 est une reproduction (agrandie 17,2 fois) du cliché original; quelques raies de comparaison, dans le bas de la figure, permettent au lecteur de situer les raies du ciel. Résultat remarquable : dans ce spectre, obtenu sur plaque hypersensitive Ilford *la raie rouge* 6300 *est plus intense que la raie verte* 5577.

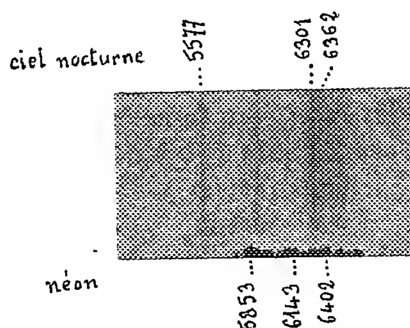


Fig. 1.

III. Sur le cliché d'avril 1935, où prédominent les raies verte et rouges de l'atome d'oxygène, on retrouve cependant quelques-unes des bandes primitivement observées; elles sont visibles aussi bien sur le cliché original que sur la courbe du microphotomètre (*fig.* 2). La plus intense est la bande 5900, plus large et plus floue que les raies de OI; elle s'étend de 5888 à 5914 Å. J'ai mesuré sur le cliché original deux composantes de cette bande vers 5888 ou 5907. On observe ensuite une émission assez intense (et très visible sur la figure 1) de 6230 à 6550 Å; l'intensité globale de cette suite de bandes est peut-être supérieure à celle de la raie 6300. Au total on distingue une dizaine de bandes dont on peut mesurer approximativement la longueur d'onde aussi bien sur une reproduction agrandie et contrastée du cliché original que sur la courbe photométrique. Voici les longueurs d'onde avec un numérotage des intensités :

5610	5680	5735	5888	6001	6124	6230	6425	6536	6684
1	1	0	10	2	2	3	3	5	2

Quelques-uns de ces nombres diffèrent assez sensiblement des déterminations antérieures et c'est inévitable, car l'on mesure des impressions faibles et floues sur des clichés photographiques dont les grains d'argent sont relativement gros ; cependant on reconnaît facilement dans ce tableau les bandes déjà observées par Sommer et par moi-même.

IV. L'analyse spectrale montre que, dans la couche luminescente de la haute atmosphère (trouvée par Dufay et moi entre 200^{km} et 300^{km}), l'azote est à l'état moléculaire; l'oxygène, à l'état atomique. Une pluie d'électrons dont l'énergie ne paraît pas dépasser 7,1 volts excite les molécules d'azote

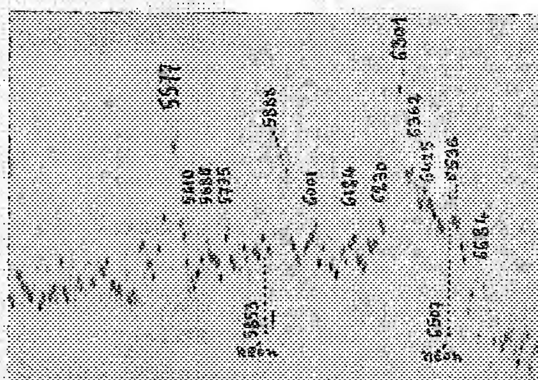


Fig. 2.

(qui passent au niveau métastable A avec un quantum v voisin de 2 ou 3) et dissocie les molécules d'oxygène. Une fois séparés, les atomes d'oxygène ont peu de chances de se recombiner, et la pluie d'électrons va les porter au niveau métastable ^1S. Le nombre des particules métastables reste d'ailleurs faible par rapport au nombre des molécules normales d'azote et des atomes normaux d'oxygène. En effet une excitation électronique de ces états métastables doit faire apparaître des bandes de l'azote et des raies de l'oxygène, qu'on n'observe pas dans le ciel. On peut donc admettre que le nombre des particules $N^2(A)$ et $O(^1S)$ formées par seconde, c'est-à-dire aussi le nombre des particules qui se détruisent en émettant respectivement les bandes de Végard-Kaplan et la raie verte 5577, est proportionnel au nombre des molécules d'azote et des atomes d'oxygène contenus dans l'air. Or il semble résulter de mesures photométriques que l'ensemble des bandes

de Végard-Kaplan est en moyenne *quatre* fois plus intense que la raie verte, ce qui donne *trois* fois plus de molécules normales d'azote que d'atomes normaux d'oxygène : les deux tiers de l'oxygène de la couche luminescente seraient donc à l'état atomique ([1]).

On peut expliquer les variations d'intensité de la raie rouge 6300 par un nombre plus ou moins grand d'électrons de faible énergie (entre 1,96 et 4,18 volts) qui ne peuvent porter l'atome d'oxygène qu'au niveau ^1D.

Ainsi un premier mode de luminescence accompagne le retour à l'état normal des particules métastables. Un autre mode de luminescence résulte de chocs entre particules qui peuvent échanger de l'énergie. C'est probablement par choc d'une molécule d'azote A_2 ou A_3 contre un atome métastable d'oxygène et surtout contre une molécule d'azote X_{14} (cette dernière résultant de la transformation $A \rightarrow X_{14}$ avec émission d'une bande de Végard-Kaplan) que sont excitées certaines bandes particulières du premier système positif de l'azote.

BOTANIQUE. — *Sur la végétation du Sahara occidental.* Note ([2]) de MM. René Maire et Ernest Wilczek.

Nous avons pu récemment étudier la végétation du Sahara occidental entre Foum-el-Hassan et Tindouf, d'une part, et entre les embouchures des Oueds Drâa et Noun d'autre part. Nos observations, complétées par des renseignements que nous ont donnés plusieurs officiers des troupes sahariennes et l'étude de récoltes botaniques faites par eux, nous permettent aujourd'hui d'esquisser les grands traits de la végétation du Sahara occidental au nord de la zone sahélienne, dans la partie correspondant en lati-

([1]) Contrairement à l'opinion que j'avais émise précédemment, il est peu probable que l'ozone joue un rôle important dans la luminescence de la haute atmosphère; nous avons d'ailleurs constaté, Dufay et moi, que la variation annuelle de la luminescence du ciel et celle de la quantité d'ozone ne suivaient pas une marche parallèle.

Je suppose ici — hypothèse assez grossière — que la probabilité d'excitation des molécules d'azote et des atomes d'oxygène ne dépend que de la probabilité d'un choc avec un électron. Je suppose d'autre part que le retour à l'état normal de l'atome ^1S se fait avec émission de la raie verte; or il peut y avoir aussi retour direct avec émission du triplet ultraviolet $^1S \rightarrow {}^3P$.

([2]) Séance du 17 mai 1935.

tude au Sahara central (pays des Touareg). Ce Sahara occidental peut être divisé en deux provinces florales :

1° le Sahara atlantique, qui s'étend sur les côtes de l'Océan Atlantique dans le Rio del Oro et la partie méridionale du Maroc jusqu'au nord de l'embouchure de l'Oued Drâa sur une profondeur variable, atteignant et dépassant 40^{km} sur certains points;

2° le Sahara subatlantique, qui s'étend à l'intérieur du précédent jusqu'à une grande distance de la côte, passant peu à peu au Sahara central.

Le Sahara atlantique a une végétation très peu saharienne, en rapport avec son climat très particulier. Bien que les pluies y soient très rares, la végétation, favorisée par des brouillards très fréquents et les condensations occultes que permet un état hygrométrique souvent élevé, est abondante et diffuse. Elle est constituée surtout par une steppe à arbrisseaux et sous-arbrisseaux mêlés de plantes succulentes. Parmi les premiers les plus abondants sont *Haloxylon tamariscifolium* (L) Pau, *Teucrium Chardonianum* n. sp., *Lycium intricatum* Boiss., *Gymnocarpus decander* Forsk., parmi les seconds : *Frankenia corymbosa* Desf., parmi les troisièmes : *Euphorbia Echinus* Coss. et Hook. et *Senecio Anteuphorbium* L. Un des caractères les plus remarquables de cette végétation est l'abondance des Lichens. Les arbrisseaux sont couverts de Lichens crustacés et même fruticuleux, et le sol, tout autour d'eux, est couvert de Lichens fruticuleux (*Ramalina* sp.) de grande taille. La localisation de ces Lichens en couronne autour des petits buissons montre bien le rôle de condenseur joué par ceux-ci; cette couronne manque autour des *Euphorbia Echinus* à grosses tiges serrées et non ramifiées. Les sols ameublis se couvrent aussi de Lichens en l'absence de buissons, comme nous avons pu le constater sur un terrain d'aviation que l'on avait débarrassé de sa végétation. Ce type de végétation s'étend, d'après nos renseignements, au moins jusqu'à Villa Cisneros et peut-être plus au Sud. Il y a, en effet, des analogies floristiques considérables entre Port-Étienne et la côte au nord du Drâa; on trouve, entre autres plantes communes à ces deux localités, le *Leurocline Chazaliei* (Boissieu) Bonnet, décrit de la première.

Le Sahara subatlantique a une atmosphère beaucoup plus sèche et sa végétation est nettement saharienne. On n'y trouve plus ni plantes succulentes ni Lichens; la Flore est celle du Sahara central, avec quelques espèces du Sahara septentrional et surtout des endémiques du Sahara

occidental. Dans les moindres dépressions se montre la savane désertique à *Acacia Raddiana* et *Panicum turgidum* [1]. Mais alors que dans le Sahara central la végétation permanente n'existe que dans les lits d'oueds et les nappes d'épandage, elle ne manque nulle part dans le Sahara subatlantique. Sur les regs les plus désolés au Sud du Drâa nous avons trouvé au moins quelques touffes de *Salsola tetrandra* Forsk. Le reg qui couvre le plateau de Tindouf est parsemé de coussinets d'*Anabasis aretioides* Coss. Ce Sahara subatlantique est donc un Sahara atténué, dans lequel se laisse encore reconnaître l'influence bienfaisante de l'Océan. Cette influence est attestée encore par la pénétration de l'Arganier [*Argania spinosa* (L) Skeels] jusqu'à une latitude très basse. Nous avons en effet trouvé cet arbre jusque sur la crête de la Hammada du Drâa et dans la partie supérieure des oueds qui descendent de cette crête vers Tindouf, et nous savons, par renseignements indigènes, qu'il existe, à l'état sporadique, dans quelques affluents de la rive droite de la Seguiet-el-Ahmra, dont l'un porte même le nom de l'Oued Argan.

M. **Lucien Cayeux** fait hommage à l'Académie, de la part de la Fondation Singer-Polignac du Collège de France et en son nom personnel, d'un volume intitulé *Les roches sédimentaires de France. Roches carbonatées* (*Calcaires et Dolomies*), 1935, IV-463 pages et 26 planches hors texte.

CORRESPONDANCE.

L'**Académie Roumaine** adresse l'expression de ses sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *Louis Joubin*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut international de Chimie Solvay. Cinquième Conseil de Chimie, tenu à l'Université de Bruxelles du 3 au 8 octobre 1934, *Rapports et discussions relatifs à l'Oxygène, ses réactions chimiques et biologiques*.

2° *General Catalogue of Stellar Parallaxes*, by Frank Schlesinger with the Collaboration of Louise F. Jenkins.

---

(1) Maire, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1680-1682 et *C. R. Ac. Sciences coloniales*, 12, 1928-1929, p. 206.

M. **Étienne Rabaud** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Anatomie et Zoologie, par le décès de M. *Louis Joubin*.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les variétés réglées d'ordre supérieur.* Note de M. **Husni Hamid**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

L'étude des variétés réglées de l'espace euclidien à $n+1$ dimensions peut se faire en utilisant la théorie des vecteurs ou le calcul de Ricci [1]. Dans ce qui suit, on a utilisé le calcul différentiel ordinaire afin que l'exposé soit plus intuitif.

I. Soient $x_i = \xi_i(u_1, u_2, \ldots, u_p) + w\lambda_i(u_1, u_2, \ldots, u_p)$; $(i = 1, 2, \ldots, n+1)$ les équations de la génératrice mobile g de la variété réglée R_p les ξ_i étant les coordonnées d'un point de l'espace support E_p et les λ_i les cosinus directeurs de g.

L'élément linéaire de R_p est défini par

$$(1)\qquad ds^2 = \Sigma_1^{n+1} dx_i^2 = \Sigma d\xi_i^2 + w^2 \Sigma d\lambda_i^2 + 2w\Sigma d\xi_i d\lambda_i + 2dw\Sigma\lambda_i d\xi_i + dw^2.$$

Si l'on pose

$$\Sigma d\xi_i^2 = d\xi^2, \qquad \Sigma d\xi_i^2 = d\lambda^2,$$
$$\Sigma d\xi_i d\lambda_i = d\xi d\lambda \cos\tau, \qquad \Sigma \lambda_i d\xi_i = d\xi \cos\theta,$$

(1) devient

$$(1')\qquad ds^2 = d\xi^2 + w^2 d\lambda^2 + 2w\, d\xi d\lambda \cos\tau + 2dw d\xi \cos\theta + dw^2.$$

Fixons la position d'une génératrice $g'(u_1 + du_1, \ldots)$ infiniment voisine de g et annulons les dérivées de ds^2 par rapport à w et dw. On trouve

$$(2)\qquad w = -\frac{\Sigma d\xi_i d\lambda_i}{\Sigma d\lambda_i^2} = -\frac{d\xi}{d\lambda}\cos\tau, \qquad dw = -\Sigma\lambda_i d\xi_i = -d\xi\cos\theta.$$

Avec $b_{jk} \neq b_{kj}$ $(k = 1, 2, \ldots, p)$, $a_{jk} = a_{kj}$ $(j = 1, 2, \ldots, p)$

$$(2')\qquad w\Sigma a_{jk} du_j du_k + \Sigma b_{jk} du_j du_k = 0.$$

Dérivons par rapport à $du_1, du_2, \ldots, du_p$; nous obtenons p équations linéaires homogènes par rapport aux accroissements du de la forme

$$(2wa_{j1} + b_{j1})du_1 + (2wa_{j2} + b_{j2} + b_{2j})du_2 + \ldots + (2wa_{jp} + b_{jp} + b_{pj})du_p = 0,$$

---

[1] Rachewski, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 137; Levi-Civita, *Calcolo differenziale assoluto*, p. 300.

qui admettent pour du_1, du_2, ... des solutions non nulles, lorsque

$$\|(2\varpi a_{j1} + b_{j1}), \ldots, (2\varpi a_{jp} + b_{jp} + b_{pj})\| = 0, \tag{3}$$

soit

$$A_0 \varpi^p + A_1 \varpi^{p-1} + \ldots + A_p = 0. \tag{3'}$$

A chaque valeur de ϖ correspond un point sur la génératrice g.

Choisissons u_j, u_k de façon que $b_{jk} + b_{kj} = 0$, $a_{jk} = 0$, $j \neq k$.

La nouvelle valeur de ϖ est alors

$$\varpi = -\frac{b_{11}\,du_1^2 + \ldots + b_{pp}\,du_p^2}{a_{11}\,du_1^2 + \ldots + a_{pp}\,du_p^2}, \tag{4}$$

c'est-à-dire, pour les accroissements du_h,

$$\varpi_h = -\frac{b_{hh}}{a_{hh}} \qquad (h = 1, \ldots, p).$$

Si $\sqrt{a_{hh}}\,du_h/d\lambda = \cos\omega_h$, (4) exprime la formule de Hamilton généralisée

$$\varpi = \Sigma \varpi_h \cos^2 u_h \qquad (h = 1, 2, \ldots, p).$$

II. Remarquons qu'il existe sur la génératrice g des points particuliers d'abscisses :

$$W' = -\left(\frac{\partial\xi_1}{\partial u_1} : \frac{\partial\lambda_1}{\partial u_1}\right) = -\left(\frac{\partial\xi_2}{\partial u_1} : \frac{\partial\lambda_2}{\partial u_1}\right) = \ldots,$$
$$W'' = -\left(\frac{\partial\xi_1}{\partial u_2} : \frac{\partial\lambda_2}{\partial u_2}\right) = -\left(\frac{\partial\xi_2}{\partial u_2} : \frac{\partial\lambda_2}{\partial u_2}\right) = \ldots,$$

ce qui détermine en général p points focaux lorsque les valeurs de

$$\frac{\partial\xi_1}{\partial u_1}, \quad \frac{\partial\xi_1}{\partial u_2}, \quad \frac{\partial\lambda_1}{\partial u_1}, \quad \frac{\partial\lambda_1}{\partial u_2}$$

satisfont aux np conditions précédentes.

III. Si, dans la relation (1), $\Sigma\lambda_i\,d\xi_i = 0$, tenant compte de (2), on trouve, pour $d\sigma$ plus courte distance de deux génératrices infiniment voisines,

$$d\sigma = \frac{\Sigma c_{jk}\,du_j\,du_k}{\sqrt{\Sigma\,d\lambda_i^2}}.$$

Le paramètre de distribution de la surface réglée élémentaire étant

$$P = \frac{d\sigma}{d\lambda} = \frac{\Sigma c_{jk}\,du_j\,du_k}{\Sigma\,d\lambda_i^2} = \frac{\Sigma c_{jk}\,du_j\,du_k}{\Sigma a_{jk}\,du_j\,du_k},$$

on peut écrire

$$P\,\Sigma a_{jk}\,du_j\,du_k - \Sigma c_{jk}\,du_j\,du_k = 0.$$

L'emploi du procédé précédent détermine l'équation

$$\alpha_0 P^p + \alpha_1 P^{p-1} + \ldots + \alpha_p = 0$$

qui donne les valeurs extrêmes de P. Si $P_1, P_2, \ldots P_p$ sont les solutions de cette équation, les quantités

$$H_1 = P_1 + P_2 + \ldots + P_p,$$
$$H_2 = P_1 P_2 + P_1 P_3 + \ldots + P_1 P_p,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$H_p = K = P_1 P_2 \ldots P_p$$

sont les paramètres de la variété R_p. D'autre part, ces valeurs de P satisfont à la relation

$$P = P_1 \cos\varphi_1 + \ldots + P_p \cos\varphi_p,$$

formule de Mannheim généralisée.

IV. On peut caractériser les variétés R_p et, en particulier, les congruences d'ordre supérieur à 2, par exemple

$$x_i = \xi_i(u_1, u_2, u_3) + w\lambda_i(u_1, u_2, u_3) \qquad (i = 1, 2, 3, 4)$$

par leurs paramètres $H_1, H_2, \ldots, H_p$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Une forme nouvelle des équations de la dynamique des gaz.* Note de M. **Simon De Backer**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit un gaz formé de molécules toutes de même masse m.

Les équations de transport du moment $u^\mu u^\nu$ s'écrivent [1]

$$(1) \quad \rho \frac{d}{dt}(\overline{U^\mu U^\nu}) = -\frac{\partial}{\partial x^\sigma}(\rho \overline{U^\mu U^\nu U^\sigma}) - \rho \left[\overline{U^\mu U^\sigma} \frac{\partial u_0^\nu}{\partial x^\sigma} + \overline{U^\nu U^\sigma} \frac{\partial u_0^\mu}{\partial x^\sigma} \right] + m\,\Gamma(u^\mu u^\nu),$$

en représentant par x^α les coordonnées rectangulaires du point P; par u^α les composantes de la vitesse d'une molécule; par u_0^α celles de la vitesse moyenne au point P, à l'instant t; par U^α la différence $u^\alpha - u_0^\alpha$; par ρ la densité du gaz en P; par Γ la contribution due aux chocs moléculaires.

Les indices prennent les valeurs 1, 2, 3. La sommation s'étend aux indices muets, répétés deux fois dans chaque terme.

---

(1) I. H. Jeans, *Théorie dynamique des gaz*, Chap. IX, traduction de la troisième édition anglaise par A. Clerc. Paris, 1925.

Pour la loi de forces de Maxwell, $K m_1 m_2 v^{-5}$, on a

$$(2)\qquad m\,\Gamma(u^\mu u^\nu) = -\frac{3}{2}\left(\frac{\rho}{m}\right)^2 \sqrt{2mk}.A_2\left(\overline{U^\mu U^\nu} - \frac{1}{3} g^{\mu\nu}\overline{U^\sigma A_\sigma}\right)$$

avec $g^{\mu\nu} = 0\,(\mu \neq \nu)$, $g^{\mu\mu} = 1\,(\mu = \nu)$; A_2 est une constante numérique.

Par contre, le terme $-\partial/\partial x^\sigma(\rho\,\overline{U^\mu U^\nu U^\sigma})$ ne se calcule pas aisément.

2. Nous nous proposons de trouver une forme analytique commode des équations (1), quitte à abandonner le modèle de Maxwell. Nous ferons deux hypothèses.

Première hypothèse. — Par analogie avec la formule (2), posons

$$(3)\qquad m\,\Gamma(u^\mu u^\nu) = \varepsilon\left(\overline{U^\mu U^\nu} - \frac{1}{3} g^{\mu\nu}\overline{U^\sigma U_\sigma}\right) \qquad (\varepsilon \equiv \text{invariant}).$$

Deuxième hypothèse. — Donnons au tenseur symétrique du troisième rang $K^{\lambda\mu\nu} \equiv \rho\,\overline{U^\lambda U^\mu U^\nu}$ la forme suivante :

$$(4)\qquad -K^{\lambda\mu\nu} = a(S^{\mu\nu\lambda} + S^{\nu\lambda\mu} + S^{\lambda\mu\nu}) + b(g^{\mu\nu}S^{\sigma\lambda}_\sigma + g^{\nu\lambda}S^{\sigma\mu}_\sigma + g^{\lambda\mu}S^{\sigma\nu}_\sigma)$$

avec les notations

$$(5)\qquad S^{\lambda\mu\nu} \equiv g^{\sigma\nu}S^{\lambda\mu}_\sigma, \quad \ldots; \qquad S^{\lambda\mu}_\sigma \equiv k\frac{\partial}{\partial x^\sigma}(\overline{U^\lambda U^\mu}), \quad \ldots;$$

a, b et k étant des invariants.

3. En posant $T^{\mu\nu} \equiv \rho\,\overline{U^\mu U^\nu}$ (tenseur de Cauchy) et en tenant compte des deux hypothèses énoncées, l'équation (1) prend la forme

$$(6)\qquad a g^{\sigma\lambda}\frac{\partial}{\partial x^\lambda}\left[k\frac{\partial}{\partial x^\sigma}\left(\frac{T^{\mu\nu}}{\rho}\right)\right] + (a+b)\frac{\partial}{\partial x^\sigma}\left\{k\left[\frac{\partial}{\partial x^\mu}\left(\frac{T^{\sigma\nu}}{\rho}\right) + \frac{\partial}{\partial x^\nu}\left(\frac{T^{\sigma\mu}}{\rho}\right)\right]\right\}$$
$$+ b g^{\mu\nu}\frac{\partial}{\partial x^\sigma}\left[k\frac{\partial}{\partial x^\lambda}\left(\frac{T^{\sigma\lambda}}{\rho}\right)\right]$$
$$= \rho\frac{d}{dt}\left(\frac{T^{\mu\nu}}{\rho}\right) + \left(T^{\mu\sigma}\frac{\partial u^\nu_0}{\partial x^\sigma} + T^{\nu\sigma}\frac{\partial u^\mu_0}{\partial x^\sigma}\right) + \frac{\varepsilon}{\rho}\left(T^{\mu\nu} - \frac{1}{3}g^{\mu\nu}T^\sigma_\sigma\right).$$

4. *Propriétés des équations* (6). — I. En première approximation (mouvement lent) négligeons le premier membre de (6) ainsi que les quantités $\rho\,d/dt(T^{\mu\nu} - g^{\mu\nu}p^\star/\rho)$ et $(T^{\mu\nu} - g^{\mu\nu}p^\star)\,\partial u^\alpha/\partial u^\beta$, où $p^\star \equiv 1/3\,T^\mu_\mu$. Nous tirons aisément de (6) les relations classiques de Stokes-Navier.

II. En particulier, si $2a + 5b = 0$ et si $a = 1$, on tire de (6), par contraction,

$$(7)\qquad g^{\sigma\lambda}\frac{\partial}{\partial x^\lambda}\left[k\frac{\partial}{\partial x^\sigma}\left(\frac{T^\mu_\mu}{\rho}\right)\right] = \rho\frac{d}{dt}\left(\frac{T^\mu_\mu}{\rho}\right) = 2T^\sigma_\mu\frac{\partial u^\mu_0}{\partial x^\sigma},$$

et en introduisant la loi des gaz parfaits $p^* = \mathcal{R} T \rho$, T étant la température absolue et $p^* \equiv 1/3 T^\mu_\mu$, (7) devient

$$(8) \qquad \frac{3}{2} \mathcal{R} g^{\sigma\lambda} \frac{\partial}{\partial x^\lambda}\left(k \frac{\partial T}{\partial x^\sigma}\right) = \frac{3\mathcal{R}}{2} \frac{dT}{dt} + T^\sigma_\mu \frac{du^\mu_0}{\partial x^\sigma}.$$

C'est la loi habituelle de la conductibilité de la chaleur pour un gaz monoatomique si l'on pose

$$\mathcal{K} \equiv \frac{3\mathcal{R} k}{2}, \qquad c_v \equiv \frac{3\mathcal{R}}{2} \quad [1].$$

III. Plus généralement, prenons a, b, k, ε fonctions des seules variables p^* et ρ. Joignons aux équations (6) celles de la dynamique des milieux continus

$$(9) \qquad \rho \frac{du^\mu_0}{dt} = \rho X^\mu - \frac{\partial T^{\mu\sigma}}{\partial x^\sigma},$$

$$(10) \qquad \frac{d\rho}{dt} + \rho \frac{\partial u^\sigma_0}{\partial x^\sigma} = 0.$$

Le système des dix équations aux dérivées partielles du deuxième ordre (6), (9), (10), à dix variables dépendantes ρ, u^α_0, $T^{\mu\nu}$, possède des ondes propageables *réelles* $Z(x^1, x^2, x^3, t) = 0$, définies par

$$(11) \qquad \left(\frac{dZ}{dt}\right)^2 - \frac{T^{\mu\nu}}{\rho} \frac{\partial Z}{\partial x^\mu} \frac{\partial Z}{\partial x^\nu} = 0 \quad [2].$$

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Sur la précision de la relation masse-luminosité d'Eddington.* Note [3] de M. **Georges Durand**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Dans la théorie radiative d'Eddington sur l'équilibre stellaire [4], la relation masse-luminosité s'exprime par les équations bien connues

$$L = C_1 \mathfrak{M}^{\frac{7}{5}} (1-\beta)^{\frac{3}{2}} \mu^{\frac{4}{5}} T_e^{\frac{4}{5}},$$
$$1 - \beta = C_2 \mathfrak{M}^2 \mu^4 \beta^4,$$

---

(1) E. Borel, *Mécanique statistique classique,* Paris 1925, p. 87.

(2) Simon De Backer, *Comptes rendus,* 200, 1935, p. 899.

(3) Séance du 26 mai 1935.

(4) A. S. Eddington, *The Internal Constitution of the Stars*, 1926, Chap. VI et VII.

où L est l'énergie totale rayonnée par l'étoile, $\mathfrak{M}$ sa masse, T_e sa température effective, β le rapport de la pression du gaz à la pression totale, μ la masse moléculaire moyenne, C_1 et C_2 des constantes d'intégration.

Il est avantageux, dans la pratique, de remplacer L par la magnitude absolue bolométrique M_b, et $\mathfrak{M}$ par $\lambda = \log \mathfrak{M}$. Si l'on pose $M' = M_b + 2 \log T_e/5200$ (¹) et si l'on désigne par K et χ deux nouvelles constantes, la première dépendant de C_1, C_2 et μ, la seconde de C_2 et μ, l'élimination de β donne la relation d'Eddington sous la forme

$$\lambda = f(M' - K) + \chi.$$

2. Cette relation est souvent assimilée à une fonction *linéaire*, et il est intéressant de se rendre compte de l'approximation ainsi faite. L'étude des deux premières dérivées de f montre que, *quelles que soient les constantes*, f' croît constamment avec M', de $-2/7$ à $-1/11$, tandis que f'' reste $< 0{,}0183$. Pour les magnitudes ordinaires, soit $M' > -4$, on a $-0{,}22 < f' < -0{,}091$.

On voit qu'en supposant constante la dérivée f', l'erreur peut être appréciable. De façon plus précise, si l'on effectue une interpolation linéaire entre deux valeurs M'_1 et M'_2, avec $M'_2 - M'_1 = h$, l'erreur en valeur absolue est $< 0{,}0023 h^2$. (Si $M'_2 > M'_1 > 2$, l'erreur est moindre que la moitié de cette valeur).

3. J'étudie maintenant le problème de la détermination des constantes et leur influence sur la précision de la relation. Dans sa théorie, Eddington évalue directement, par des considérations physiques, les deux constantes C_2 et μ, ce qui fournit χ ; le coefficient C_1 est calculé au moyen d'une seule étoile (Capella).

Je me suis proposé de déterminer C_1 (ou K) à l'aide de plusieurs étoiles dont les masses seraient particulièrement bien connues; outre l'avantage de préciser la valeur due à Eddington, on peut apprécier ainsi l'erreur susceptible d'affecter cette constante. Pour cela, considérant les couples visuels pour lesquels les masses individuelles des composantes ont été déterminées, j'élimine ceux dont l'erreur probable sur la parallaxe dépasse 10 pour 100 et ceux dont une composante au moins est elle-même binaire (ce point a une grande importance, car l'erreur qui en résulte a toujours le même signe). Je retiens ainsi 20 étoiles. Si λ_1 est la valeur calculée par la

(¹) Le nombre 5200 joue, en réalité, le rôle d'une quantité *arbitraire* due au fait qu'Eddington a effectué les calculs en prenant $T_e = \text{const.} = 5200$.

relation d'Eddington avec les coefficients $K_1 = 5,078$ et $\chi_1 = 0,606$ de l'auteur, λ_0 la valeur issue des observations, je forme pour chaque étoile la différence $\lambda_0 - \lambda_1$. D'autre part, ΔK_1 et $\Delta\chi_1$ étant les erreurs respectives sur K_1 et χ_1, on a, d'une façon générale, avec une approximation supérieure à celle des observations, $\Delta\lambda = \Delta\chi_1 - \Delta K_1 . f'(M' - K_1)$.

En résolvant, par la méthode des moindres carrés, les 20 équations ainsi obtenues, on trouve qu'il faut, pour pouvoir appliquer la relation d'Eddington avec les valeurs primitives K_1 et χ_1, faire subir à la magnitude M_b d'une étoile quelconque une correction de $-0,076$; ce nombre est faible devant les erreurs d'observation, et la correction qui en résulte pour λ s'écarte peu de 0,01. On remarque que l'accord est excellent entre les nombres d'Eddington et les valeurs observées.

4. On prévoit, par suite de l'expression de $\Delta\lambda$ et du fait que f' varie peu, qu'une erreur faible sur χ n'aura pas beaucoup d'importance, pourvu que K soit déterminé en conséquence. J'ai repris les calculs en faisant $C_2 = 0,00421$, valeur proposée par Eddington dans l'hypothèse où μ serait variable (1), au lieu de la valeur 0,00309 qu'il a adoptée; on a alors $\chi_2 = 0,539$; on détermine ensuite la valeur $K_2 = 5,505$ au moyen de Capella, puis la correction ΔK_2 comme précédemment. Malgré l'importance de $\chi_2 - \chi_1$, on trouve, après correction due à ΔK_2, que l'erreur moyenne sur λ reste la même. Il s'ensuit que la relation masse-luminosité dépend surtout de la bonne détermination d'une des constantes K ou χ en fonction de l'autre.

5. Il importe de souligner que, si l'on ne tient pas compte de la correction ΔK_2, le système de coefficients (K_2, χ_2) conduit à des résidus $\lambda_0 - \lambda_2$ plus forts que le système (K_1, χ_1); un autre système $(K_3 = 5,264$; $\chi_3 = 0,539)$, utilisé récemment par M. Petrie (2), donne des résidus encore plus forts. Les valeurs adoptées par Eddington apparaissent donc comme les meilleures.

6. Pour caractériser la précision des constantes, j'ai calculé l'erreur probable sur K, ce qui suffit (§ 4). La valeur trouvée est 0,145 et correspond pour λ à une erreur de 0,01 à 0,03; l'erreur croît quand M diminue; pour $M' > 1$, l'erreur est $< 0,02$.

7. Enfin, pour évaluer l'erreur dans chaque cas particulier, connaissant

(1) A. S. Eddington, *loc. cit.*, p. 128.

(2) *Publ. of the Obs. of the Univ. of Michigan*, 5, 1934, p. 169.

l'erreur probable sur M_b et T_e, la formule qui donne $\Delta\lambda$ peut être utilisée, moyennant une Table de f' en fonction de M', avec une précision généralement suffisante.

CHALEUR. — *La convection naturelle des fils : existence d'un nouveau régime de convection.* Note de M. **Charles Bory**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié, en fonction de la température du fil et de son enceinte, suivant la technique préconisée par M. Vernotte, les phénomènes de convection présentés par une série de fils de platine issus du même lingot, dont les diamètres allaient de quelques centièmes à quelques dixièmes de millimètre. La température de l'enceinte a varié de 16 à 72° C, et l'écart de température fil-enceinte a atteint 400° C. Dans ces conditions, l'influence du rayonnement thermique reste inférieure à 1 pour 100; nous avons donc observé ainsi un phénomène de convection presque pur.

Nous préciserons dans d'autres publications l'ensemble des résultats obtenus. Nous signalons ici que, pour les fils très fins (25 à 75^{μ}), le coefficient de convection varie beaucoup plus vite que l'inverse de la racine quatrième du diamètre, loi qu'indiquent, dans le cas des grands diamètres, les théories habituelles de la convection. Les nombres donnés ci-dessous à titre d'exemple, l'enceinte étant à 72° C, et le fil étant de 100° plus chaud, indiquent une croissance à peine moins rapide que celle de l'inverse du diamètre.

Diamètres en microns........	77	50	42	31	25
Coefficients de convection en $cal.cm^{-2}.sec^{-1}.deg^{-1}$	0,0050	0,0074	0,0078	0,0100	0,0131

Par contre, même pour les fils les plus fins, le coefficient de convection croît avec l'écart θ de température, suivant une loi qui, pour les écarts d'au moins 200° à 300°, devient très voisine de la loi théorique en $\theta^{1/4}$, après avoir été d'abord un peu plus rapide.

Nous voulons surtout, dans cette Note, attirer l'attention sur la mise en évidence d'un nouveau régime de convection, en deça du régime déjà connu, et que nous avons cherché sur une suggestion de M. Vernotte.

A cet effet, opérant sur le fil le plus fin (25 microns), nous nous sommes efforcé de mesurer le coefficient de convection avec une précision qui

restât suffisamment élevée pour les échauffements relativement très faibles (mesurés par variation de résistance électrique).

L'enceinte étant à la température de 72°C, nous avons obtenu les valeurs ci-dessous pour les coefficients d'échange thermique :

Échauffements en degrés......	24	46	76	137	182	215
Coefficients d'échange moyens en $cal.cm^{-2}.sec^{-1}.deg^{-1}$......	0,0100	0,0121	0,0122	0,0146	0,0161	0,0171

On voit immédiatement que les deux premières mesures ne peuvent être figurées sur la courbe représentant les autres : les quatre derniers points se rangent sur une ligne tournant sa concavité vers le bas, et les deux premiers se trouvent notablement au-dessus du prolongement de cette courbe vers les petits échauffements, la droite qui les joint montant plus vite que la courbe.

Il y a donc deux lignes complètement distinctes pour représenter l'ensemble du phénomène de convection; suivant la terminologie de la Mécanique des fluides, cela prouve l'existence de deux régimes de convection.

CHALEUR. — *Sur les lois de la convection.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. En rapprochant les coefficients de convection naturelle de fils fins de platine, que vient de publier M. Bory (voir la Note ci-dessus), de nombres trouvés antérieurement par nous dans des mesures très variées relatives à des fils, des barres, des tubes, de cuivre, de laiton, d'aluminium, exposés à l'air libre, et ramenant les nombres de M. Bory à ce qu'ils auraient été dans les mêmes conditions de température que les nôtres (air ambiant, 20°; corps chaud, 80°), on trouve que *le produit du coefficient d'échange h par la racine carrée du diamètre d est sensiblement constant dans des limites très étendues :*

Diamètres d en millimètres.	0,042.	0,050.	0,077.	0,50.	5,0.	7,0.	10.	12.	13.	25.	58.
Coefficients d'échange h en 10^{-4} $cal.cm^{-2}.sec^{-1}.deg^{-1}$.	77	71	47	20	6,4	5,1	4,5	4,4	3,6	2,9	1,9
$10^5 h\sqrt[2]{d}$...............	160	159	131	141	143	135	142	152	130	145	145

II. Nous avions trouvé en 1932, lors de mesures très précises du coefficient de convection d'un petit ellipsoïde d'argent, pour des échauffements θ variant de 100° à 0°,5, que ce coefficient tendait, pour $\theta = 0$, vers une

valeur notablement plus élevée que celle qui correspondrait à la conduction pure. Et nous avons suggéré [1] qu'il y avait sans doute, pour les échauffements inférieurs à 0°,5, un autre régime de convection ayant, lui, la conduction pure pour limite. C'est ce nouveau régime qu'a découvert M. Bory, en étudiant la convection d'un fil très fin très peu chauffé.

Cette convection a une propriété intéressante, dont nous donnerons ensuite l'interprétation théorique.

Les mesures de M. Bory étaient faites dans une enceinte cylindrique de 45^{mm} de diamètre. A la température de ces expériences, la déperdition par simple conduction correspondait, pour son fil de 25 microns, à un coefficient d'échange avec l'enceinte, égal, en $\text{cal.cm}^{-2}.\text{sec}^{-1}.\text{deg}^{-1}$, à 0,0075. Si l'on rapproche ce nombre des valeurs 0,0100 et 0,0121 obtenues par M. Bory pour les échauffements 24° et 46°, et qu'on traduise cela par un graphique, on constate que l'on obtient trois points en ligne droite; et par suite ce *premier régime de convection*, qui a bien ainsi la conduction pour limite, est caractérisé par *un coefficient de convection fonction linéaire de l'échauffement*.

III. Nous allons trouver l'interprétation de ce résultat en considérant, contrairement à la théorie habituelle, *la convection* comme *une simple perturbation apportée par la vitesse du fluide à la propagation de la chaleur par conduction*. Esquissons un calcul très schématique pour montrer l'allure des phénomènes.

Soit, en un problème à une dimension, un fluide, de chaleur spécifique volumique $c\rho$, de conductibilité k, à la température zéro, s'écoulant, à la vitesse v, entre deux plateaux de longueur l, séparés par une distance L, et que l'on maintient respectivement aux températures zéro et θ. Si l'on néglige en première approximation l'inégale répartition des vitesses, et les échanges latéraux de chaleur entre les diverses tranches de fluide perpendiculaires aux plateaux, on voit assez facilement que le problème revient à étudier, jusqu'au temps $T = l : v$, la propagation de la chaleur dans un milieu supposé amené brusquement entre les plateaux, et immobilisé ensuite. On formera donc la solution de Fourier correspondante, on calculera à la manière habituelle le flux de chaleur sortant du plateau chaud par unité de surface, on intégrera entre $t = 0$ et $t = T$, et l'on aura le coefficient d'échange h cherché, en divisant par θ et par T.

---

(1) *Journées techniques et scientifiques de Mécanique des fluides* (Lille, 1934), p. 309. Paris.

Ce coefficient apparaît alors comme la somme d'un terme de conduction pure et d'un terme dépendant de la vitesse par le nombre sans dimension $\mathcal{V} = c\rho\, L^2 v : kl$ (dont la définition peut être généralisée dans des cas géométriquement moins simples). Si $\mathcal{V}$ est assez petit, c'est-à-dire si la vitesse v est très petite, le terme convectif est proportionnel à v; il est proportionnel à $\sqrt{v}$ si $\mathcal{V}$ est grand.

Dans le cas de la convection naturelle, au premier régime de M. Bory, qui existe lorsque θ est petit, l'écoulement de l'air est sans doute régi par les lois de la viscosité, et la vitesse v est alors proportionnelle à la petite variation locale de pression due au fil chaud, laquelle est proportionnelle à l'échauffement θ. Le nombre $\mathcal{V}$ étant alors petit, on voit que le coefficient de convection h, fonction linéaire de v, sera bien une fonction linéaire de l'échauffement.

Lorsque θ devient plus grand, et qu'a changé le régime de l'écoulement, la loi de h en fonction de θ évolue, et tend vers la loi $\sqrt[2]{\sqrt[2]{\theta}}$, que donne l'expérience.

IV. Si le fil dont on étudie la convection naturelle est extrêmement fin, le terme fonction de $\mathcal{V}$ est de toutes façons très petit, et le terme de conduction devient prépondérant. Or, ce terme varie comme $1 : d \log(D : d)$, D étant le diamètre de l'enceinte. On s'approche donc de la croissance presqu'aussi rapide que $1 : d$, qu'annonçait M. Bory.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur le calcul de la perte énergétique à la combustion.* Note de M. **Jean Villey**, transmise par M. Emile Jouguet.

L'évaluation de la *perte à la combustion* $\theta\Delta S$ [1] revient à l'évaluation de l'augmentation irréversible d'entropie ΔS due à la combustion. Considérons une combustion adiabatique; alors ΔS se confond avec la variation totale d'entropie $S_B - S_{\mathcal{A}}$, évaluable par $\int \frac{\delta Q}{T}$ calculé le long d'une *combustion réversible* allant du même état initial $\mathcal{A}$ (mélange à la température ambiante θ) au même état final B (gaz brûlés à la température *de combustion* Θ). Envisageons le cas particulier de la combustion $\mathcal{A}B$ à volume constant.

(1) Cf. *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1383. Ici la température de l'atmosphère est représentée par θ.

La combustion des carbures d'hydrogène comporte des réactions très complexes. Nous considérerons le cas théorique plus simple de la réaction $1/2\,X^2 + 1/2\,Y^2 = XY$, où interviennent trois gaz diatomiques assimilables à des gaz parfaits (lorsqu'ils ne sont pas dissociés thermiquement).

Pour chacun de ces gaz, nous envisagerons une température t au-dessous de laquelle la dissociation thermique de ses molécules est nulle, et une température $\mathfrak{T}$ au-dessus de laquelle elle est pratiquement totale. Les températures t_{xy} et $\mathfrak{T}_{xy}$ sont plus élevées que les limites correspondantes relatives aux molécules X^2 et Y^2, moins solides que les molécules XY auxquelles elles donnent naissance. Les températures $\mathfrak{T}$ sont beaucoup plus élevées que Θ.

Superposons sur un même graphique de coordonnées p (pression) et v (volume d'une molécule-gramme), les trois diagrammes thermodynamiques suivants, dont nous distinguerons les points confondus par les notations ci-dessous :

1° Mélange homogène $1/2(X^2 + Y^2)$; notation $\mathfrak{P}$.

2° Gaz *brûlé* XY ; notation P.

3° Diagramme de transition, où v représente la somme des volumes des demi-molécules $(1/2\,X^2)$ et $(1/2\,Y^2)$ des deux gaz supposés séparés; notation P'.

Les diagrammes P et P' existent dans tout le domaine (p, v). Ils ont les mêmes isothermes aux températures supérieures à $\mathfrak{T}_{xy}$, où la dissociation atomique complète donne $pv/T = 2R$ (1).

Le diagramme $\mathfrak{P}$ n'existe qu'aux températures inférieures à celles où la combustion s'amorce, et supérieures à celles où se produit la séparation par liquéfaction. Il a, dans ce domaine, les mêmes isothermes que le diagramme P'.

Prenons, sur la verticale $\mathfrak{A}B$ à volume constant, un point (M', M) à température $\mathfrak{T} \geqq \mathfrak{T}_{xy}$; il est placé beaucoup plus haut que B.

On peut réaliser théoriquement une *combustion réversible* par la suite d'opérations $\mathfrak{A} \rightarrow A' \rightarrow M' \rightarrow M \rightarrow B$.

On a

$$U_{\mathfrak{A}} = U_{A'}, \qquad S_{\mathfrak{A}} = S_{A'} + R\,\mathrm{Log}\,2; \qquad U_M = U_{M'}, \qquad S_M = S_{M'} + 2R\,\mathrm{Log}\,2.$$

Si l'on appelle c la capacité calorifique moléculaire à volume constant

(1) Et aussi aux températures inférieures à t_{x^2} et t_{y^2}, où la dissociation nulle donne $pv/T = R$; mais, dans ce domaine, les énergies internes sont différentes $U_{P'} > U_P$.

de $1/2(X^2+Y^2)$, et c' celle de XY, on aura alors

$$S_B - S_{\mathfrak{A}} = -R \operatorname{Log} 2 + \int_\theta^{\mathfrak{T}} \frac{c\,dT}{T} + 2R \operatorname{Log} 2 + \int_{\mathfrak{T}}^{\Theta} \frac{c'\,dT}{T}$$
$$= R \operatorname{Log} 2 + \int_\theta^{\Theta} \frac{c\,dT}{T} - \int_{\Theta}^{\mathfrak{T}} (c'-c) \frac{dT}{T}.$$

En écrivant que la variation d'énergie interne $U_B - U_{\mathfrak{A}}$, évidemment nulle dans la combustion ordinaire, l'est aussi dans la combustion réversible, on obtient

$$\int_\theta^{\Theta} c\,dT - \int_{\Theta}^{\mathfrak{T}} (c'-c)\,dT = 0.$$

Cette relation entraîne la conséquence prévue *a priori* $S_B - S_{\mathfrak{A}} > 0$. Elle exige de plus que c' soit plus grand que c dans une partie au moins du domaine de températures compris entre Θ et $\mathfrak{T}$. Ce résultat correspond au fait que les molécules X^2 et Y^2 sont complètement dissociées en deux atomes (6 degrés de liberté) à des températures où les molécules XY ne le sont pas encore (7 degrés de liberté).

Les chaleurs spécifiques moléculaires c et c' ne sont pas expérimentalement accessibles aux températures irréalisables du domaine Θ, $\mathfrak{T}$; mais on sait les évaluer théoriquement à partir des périodes des vibrations moléculaires.

La nature de la perte *énergétique* apparaît clairement : la combustion réversible prendrait de la chaleur à une série de sources de températures étagées entre θ et $\mathfrak{T}$, et la reverserait à celles d'entre elles dont les températures sont supérieures à Θ. Elle créerait de ce fait la possibilité d'obtenir du travail en rétablissant la répartition de chaleur initiale au moyen de cycles de Carnot.

ÉLECTRICITÉ. — *Influence des vapeurs et gaz occlus sur la conductivité électrique de l'oxyde cuivreux.* Note de M. **Léon Dubar**, présentée par M. Paul Janet.

Ayant entrepris des recherches systématiques sur les propriétés de l'oxyde cuivreux et étudiant les différents facteurs, radiations, température, pression, humidité, qui pouvaient modifier sa conductivité, nous avons constaté que cette conductivité *diminuait* sous l'influence des

vapeurs ou des gaz occlus, particulièrement de la vapeur d'eau. Tous les échantillons étudiés, dont plus de vingt lames d'oxyde artificiel et un monocristal de cuprite naturelle, se sont comportés de la même façon.

L'échantillon, de forme parallélipipédique, était muni de deux connexions soudées à l'étain sur métallisation réalisée par voie chimique. Il fut vérifié que la résistance propre des contacts ainsi obtenus était négligeable. La lame étant enfermée dans un récipient clos à l'abri de la lumière, on lui appliquait une différence de potentiel connue et l'on mesurait au moyen d'un galvanomètre sensible étalonné, le courant qui la traversait.

Il fut vérifié dans des expériences préliminaires que :

1° le courant augmentait toujours lorsqu'on faisait le vide dans le récipient contenant l'échantillon ou qu'on y introduisait, à la pression atmosphérique, une substance desséchante, telle que l'anhydride phosphorique;

2° un échantillon préalablement dégazé dans le vide sous couche d'huile, devenait insensible aux variations de pression ou d'état hygrométrique. La pression n'intervenait donc qu'indirectement par son action sur les gaz occlus;

3° l'ordre de grandeur des variations de courant était le même après différents traitements préalables de la surface de l'oxyde (décapage chimique aux acides chromique ou nitrique ou bien abrasion mécanique à la toile émeri), à la condition qu'un lavage soigné ait éliminé toute trace de sels solubles;

4° il ne pouvait être question de phénomènes de polarisation, car la variation du courant avec le temps était, dans de larges limites, indépendante de la durée d'application de la différence de potentiel. D'ailleurs, dans toutes les mesures précises, nous avons pris la précaution de ne fermer le circuit que le temps strictement nécessaire à chaque mesure.

Il résulte de ces expériences que la variation de résistance doit, sans ambiguïté, être attribuée aux variations sous l'action du dessèchement ou du vide, de la teneur de l'oxyde en vapeur d'eau ou gaz oclus. Bien que l'action de la vapeur d'eau soit prédominante, certaines expériences nous ont montré que d'autres vapeurs et même des gaz permanents agissaient de la même façon. Toutes choses égales d'ailleurs, la variation relative de conductivité est d'autant plus grande que les échantillons sont plus minces et de résistivité plus élevée.

Nous donnons ci-après les résultats de quelques expériences, relatives à l'action de la vapeur d'eau seule, dans l'air à la pression atmosphérique.

1° *Variation du courant avec le temps.* — Dimensions de l'échantillon : longueur, 30^{mm}; largeur, 11^{mm}; épaisseur, $0^{mm},36$. Température, 18° C. Différence de potentiel appliquée, 80 volts.

a. Courant après séjour prolongé de l'échantillon dans l'atmosphère du laboratoire : 112.10^{-9} ampère.

b. Après introduction dans l'enceinte d'un récipient rempli d'eau :

Temps (en min. et h.)....	0^m.	2^m.	9^m.	18^m.	26^m.	40^m.	4^h.
Courant (10^{-9} A.).....	112	79	34	23	20,9	19,3	13,2

c. Après introduction dans l'enceinte d'anhydride phosphorique :

Temps (en min. et h.)........	0^m.	10^m.	17^m.	24^m.	32^m.	$3^h,30^m$.
Courant (10^{-9} A.)........	30,8	116,5	165	192	211	275

2° *Variation du courant avec la pression de la vapeur d'eau.* — Dans l'air, à la pression atmosphérique, la conductivité paraît être fonction continue et réversible de la tension de la vapeur d'eau et de la température. La pression de la vapeur d'eau est fixée en enfermant dans l'enceinte contenant la lame d'oxyde un mélange titré d'acide sulfurique et d'eau. Dimensions de l'échantillon : longueur, 8^{mm}; largeur, 8^{mm}; épaisseur $0^{mm},31$.

Différence de potentiel appliquée : 15,5 volts.

Température (degrés C.).	Pression vapeur d'eau (mm Hg).	Durée de séjour.	Courant final (10^{-8} A.).
16,9..............	0,00	5 jours	120
16,5..............	2,36	61 heures	70,2
17,6..............	13,30	24 »	1,95

Il paraît difficile actuellement de donner une interprétation théorique satisfaisante de ces phénomènes. La diminution de la conductivité sous l'action de l'humidité n'a été constatée jusqu'ici, à notre connaissance, que sur des substances déposées en couches excessivement minces. Citons les expériences de A. Féry et F. Joliot (¹) sur des dépôts cathodiques de métaux fraîchement préparés, de Devaux et Cayrel (²) sur des couches minces de sulfure cuivrique, de Welo (³) sur des couches minces de carbone déposées à la surface de substances organiques hygroscopiques. Aucune expérience analogue ne paraît avoir été faite sur des corps cristallins compacts tels que l'oxyde cuivreux.

(¹) F. Joliot, *Ann. de Phys.*, 10e série, 15, 1931, p. 437.

(²) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 912.

(³) *Nature*, 134, 1934, p. 936.

SPECTROSCOPIE. — *Action du champ magnétique sur les bandes d'absorption des molécules de soufre.* Note de M. **Jean Genard**, présentée par M. Aimé Cotton.

En utilisant l'électroaimant de l'Institut de Physique expérimentale de l'Université de Varsovie, nous avons étudié l'action du champ magnétique sur les bandes d'absorption de la molécule S_2. Le système de bandes se présente entre 2600 et 3300 Å; le phénomène bien connu de prédissociation apparaît aux environs de λ 2800 Å, pour la bande $v' = 10 \leftarrow v'' = 0$.

Nous avons photographié l'ensemble de ce système, la cuve d'absorption étant à température constante (600° environ), mais sous différentes pressions (température du four de réglage entre 180° et 400°) de manière à obtenir progressivement toutes les bandes d'absorption. Chaque cliché portait un spectre pris en l'absence du champ et un spectre sous un champ de 25500 gauss. Le dispositif expérimental sera décrit ailleurs.

Le résultat observé fut assez inattendu. L'intensité de la plupart des bandes d'absorption est très fortement augmentée, mais à des degrés divers. Avec la dispersion moyenne employée, aucune modification des bandes ou de leur structure de rotation n'est observable. En particulier, le champ magnétique ne paraît avoir aucun effet sur la prédissociation naturelle.

Une observation importante est à signaler : aucune variation d'intensité n'est observable sur les bandes dont le v' dépasse 9, c'est-à-dire que l'action du champ débute seulement à la limite de prédissociation. Cette action atteint très rapidement un maximum et paraît diminuer ensuite plus lentement; vers λ 3300, plusieurs bandes sont à peine influencées par le champ.

Signalons aussi qu'en augmentant encore la pression, nous avons obtenu deux bons clichés portant le spectre de bandes que l'on vient d'attribuer à S_4 (communication privée en voie de publication) et situé entre λλ 3650 et 4000 Å. Aucune action du champ n'est observable sur ce spectre.

Les résultats détaillés et l'étude théorique seront prochainement publiés ailleurs.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre infrarouge des substances protéiques.* Note [1] de MM. **Fred Vlès** et **Erwin Heintz**, transmise par M. Arsène d'Arsonval.

Nos connaissances sur le spectre d'absorption infrarouge des substances protéiques sont, si l'on excepte quelques données déjà anciennes sur le très proche infrarouge inférieur à $\lambda 2^{\mu},5$ (Aschkinass, Hartridge et Hill), inexistantes, malgré tout l'intérêt théorique et pratique qu'on en pourrait tirer. Nous avons entrepris un examen systématique de ces substances.

1. *Technique.* — Le dispositif utilisé a été un spectromètre Jobin-Yvon à prisme de sel gemme, avec pile thermoélectrique de Zeiss à 5 soudures, galvanomètre Zernicke, et enregistrement photographique semi-automatique. La source a été un filament de lampe Nernst.

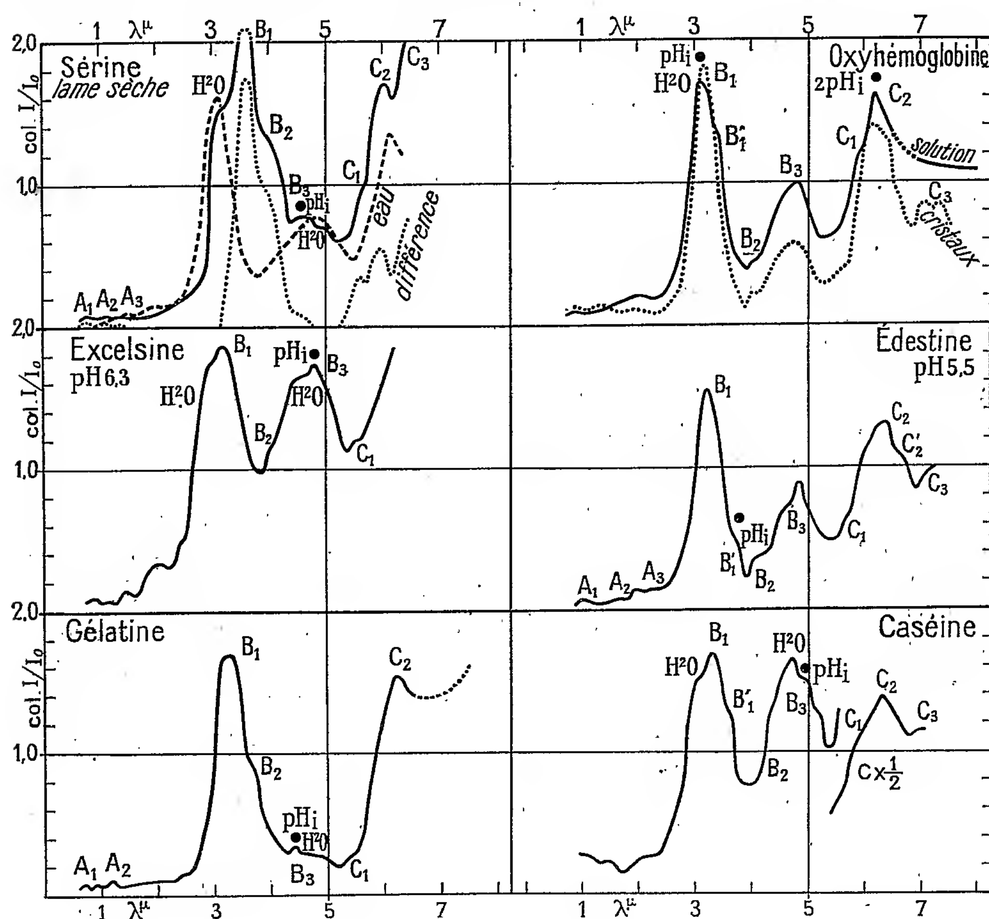
Les substances protéiques ont été étudiées, soit en solutions concentrées dans l'eau (cuves de 4/100 de millimètre d'épaisseur avec joues en mica mince), soit même à l'état de lamelles desséchées sur lame de mica; on a examiné ainsi : une *sérumalbumine* pure de sang de bœuf (préparation de M. Piettre); une *oxyhémoglobine* cristallisée de cheval, une *excelsine* pure (globuline de noix du Brésil, préparation de M. Bonnot); des échantillons de *caséine* Hammarsten (Merck), d'*édestine*, de *gélatine;* diverses substances biologiques (blanc d'œuf, sérums, etc.).

2. *Constitution générale des spectres.* — D'une façon générale les substances protéiques présentent, en dehors des bandes de l'eau directement repérables dans leur spectre (même lorsque les protides sont à l'état de lames sèches) un assez grand nombre de bandes d'absorption propres, que l'on peut grouper en trois régions :

1° *Région* A, proche infrarouge, depuis le visible jusqu'à la bande de l'eau de $3^{\mu},1$. Le spectre d'absorption, très faible, ne comprend que quelques petites bandes, de l'ordre de grandeur de celles de l'eau de la même région. 2° *Région* B, depuis la bande de l'eau de $3^{\mu},1$ jusque vers 5^{μ}, maximum d'absorption des spectres. Cette région comprend la bande la plus considérable (B_1, bande du carbone) suivie de plusieurs autres en général décroissantes (B'_1, B_2, B_3). 3° *Région* C, après la bande de l'eau de $4^{\mu},75$, et autour de la bande de l'eau de $6^{\mu},2$; on y voit un second

(1) Séance du 20 mai 1935.

massif de bandes assez importantes, dont l'une, C_2, est extrêmement voisine de la seconde bande de l'eau. Au delà, l'absorption peut diminuer légèrement. Les bandes de B_1 à C_1 réalisent approximativement des séries $1/\lambda = An + Bp$ ($p = 1$, n de 0 à 4).



Spectres infrarouges de substances protéiques.

Le graphique ci-dessus montre l'aspect général de cette structure. Pour l'un des cas, on a retranché du spectre total le spectre de l'eau d'absorption correspondante, et l'on voit s'isoler la grande bande B_1, ses contreforts B_2, B_3, ainsi que les bandes croissantes de la région C.

3. *Points isoélectriques.* — Pour toutes les substances protéiques étudiées, nous avons calculé la bande d'absorption correspondant au point isoélectrique principal pH_i, en utilisant l'expression ($\lambda_i = 21,2/pH_i$)

donnée par l'un de nous [1]. Dans tous les cas la bande calculée a correspondu à une bande réelle à l'approximation des mesures; des multiples correspondant à $2pH_i$ ont pu aussi être vus.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'accord entre les pressions calculées et les pressions expérimentales pour des mélanges explosifs donnant naissance à des gaz riches en vapeur d'eau.* Note de MM. **Henri Muraour** et **Gabriel Aunis**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons utilisé dans ces expériences un explosif constitué par un mélange de 20,9 pour 100 de trinitrotoluène et 79,1 pour 100 de nitrate d'ammoniaque (explosif NO). L'allumage de cet explosif étant difficile les charges ont été constituées, à toutes les densités de chargement, par le mélange suivant :

Explosif NO	78,9 %
Poudre à 15,3 % d'azote (mélange de 50 % nitrocellulose et 50 % nitroglycérine)	19,5 %
Poudre noire à combustion complète (poudre de chasse surdosée en salpêtre)	1,6 %

L'explosif NO a été utilisé sous forme de pastilles comprimées à 500 kg/cm², concassées en grains de $0^g,5$ environ. La poudre, à 15,3 pour 100 d'azote, avait été étirée sous forme de bandes de $0^{mm},5$ d'épaisseur. Les pressions corrigées de l'influence du refroidissement ont été déduites de tirs exécutés pour chaque densité de chargement (Δ), soit dans une bombe de 150^{cm^3}, soit dans la même bombe contenant une lame ou une spirale d'acier. On faisait ainsi varier pour chaque Δ la valeur du rapport (surface de refroidissement)/(volume de la bombe). Les points obtenus se sont placés en ligne droite sur le graphique : (Valeur de S/V... Pression.) On a admis que l'extrapolation jusqu'à $S/V = 0$ donnait la valeur de la pression corrigée de l'influence du refroidissement par les parois. Les pressions ont été mesurées avec des crusher en cuivre de 13/8. On a utilisé la table de tarage dite piston libre Burlot. (Les pressions ainsi déterminées sont en accord avec les pressions mesurées à l'aide du quartz piézoélectrique.) Les durées d'écrasement du crusher ont varié, pour les différentes densités de chargement, entre 6 et 40 millisecondes.

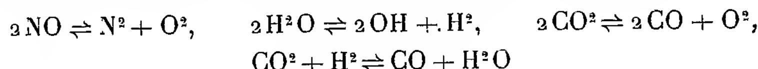
Voici les résultats de ces mesures de pressions (chaque valeur de pression représente la moyenne de quatre tirs très concordants, écart quadratique moyen maximum 3,6 pour 100).

---

[1] F. Vlès, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 545.

Δ.	Pressions expérim. Bombe de 150cm³ $s/v = 1,42$.	Pressions expérim. Bombe de 150cm³ + lame $s/v = 3,46$.	Pressions expérim. Bombe de 150cm³ + spirale $s/v = 5,21$.	Pressions corrigées du refroidissement.	Différ. entre les pressions, bombe de 150cm³ et les pressions corrigées.
	kg/cm²	kg	kg	kg	kg
0,125.....	1372	1102	877	1574	202
0,2029....	2475	2145	1938	2681	206
0,280.....	3767	3412	3082	4053	286
0,300.....	4170	3824	3595	4395	225

Composition de la masse gazeuse au moment du maximum de pression. — Elle a été calculée en tenant compte des équilibres suivants :



$$2NO \rightleftharpoons N^2 + O^2, \qquad 2H^2O \rightleftharpoons 2OH + H^2, \qquad 2CO^2 \rightleftharpoons 2CO + O^2,$$
$$CO^2 + H^2 \rightleftharpoons CO + H^2O$$

et en utilisant pour les constantes d'équilibres les valeurs qui figurent dans le travail de Montagne (¹).

Voici, à titre d'exemple, la composition pour 100 de la masse gazeuse sous 2000kg de pression : H^2O, 47,8; CO^2, 16,7; N^2, 25,0; CO, 5,3; H^2, 2,0; O^2, 0,3; NO, 0,8; OH, 2,1.

On remarquera que la teneur en gaz triatomiques est très élevée (64,5 %).

Calculs des températures. — Ils ont été exécutés à partir des chaleurs spécifiques déduites des expériences de Nernst Wohl et des données spectrales. (On a utilisé les tableaux publiés par MONTAGNE, *loc. cit.*) Pour les chaleurs de formation on a utilisé les indications des Landolt-Tabellen de 1931. Voici les valeurs des caractéristiques calculées pour les différentes pressions :

Pressions (kg/cm²).	Température absolue d'explosion.	Force.	Covolume α (1/1000 du vol. spécifique).
	°		
4000....................	3314	11132	0,887
2000....................	3278	11043	0,890
1000....................	3229	10913	0,893

à partir de ces valeurs on calcule, pour les différentes densités de chargement, les pressions suivantes, que nous comparerons aux pressions expérimentales corrigées du refroidissement :

Δ.	Pressions calculées.	Pressions expérimentales corrigées du refroidissement.	Différence.	Différence (%).
0,1250..........	1548	1574	+ 26	+1,7
0,2029..........	2748	2681	− 67	−2,4
0,2800..........	4145	4053	− 92	−2,2
0,300...........	4551	4395	−156	−3,4

(¹) PIERRE MONTAGNE, *Calcul numérique des équilibres chimiques en phase homogène*, Paris, 1934.

Dans ces calculs nous avons adopté, suivant la méthode classique, une valeur du covolume égale à 1/1000 du Vo ou volume spécifique (volume gazeux mesuré à 0° et 760^{mm} dégagé par la combustion de 1^{kg} de l'explosif) et utilisé la formule d'Abel $P = f\Delta/(1 - \alpha\Delta)$. Mais le covolume peut être déterminé directement à partir des pressions expérimentales et des valeurs de la force théorique. En portant sur un graphique, en abscisses $P\Delta$, en ordonnées $P - f\Delta$, on obtient une droite, passant par l'origine, dont la pente est égale au covolume α.

La valeur moyenne ainsi obtenue est de 0,821 (le covolume ne varie théoriquement que de 1 pour 100 entre 1000 et 4000 kg/cm².

Voici la comparaison des pressions expérimentales corrigées et des pressions théoriques calculées à partir du covolume ainsi déterminé :

Δ.	Pressions calculées.	Pressions expér. corrigées du refroidissement.	Différence.	Différence.
	kg	kg	kg	%
0,1250.........	1530	1574	+44	+2,9
0,2029.........	2669	2681	−12	−0,4
0,2800.........	4049	4053	+ 4	+0,1
0,3000.........	4438	4395	−43	−1,0

En résumé l'utilisation des valeurs actuellement admises pour les chaleurs spécifiques des gaz à haute température et pour les constantes d'équilibre permet de calculer, avec une approximation remarquable, les pressions explosives pour des mélanges donnant naissance à des gaz riches en vapeur d'eau (explosifs à base de nitrate d'ammoniaque). Dans les calculs le covolume qui figure dans la formule d'Abel, doit être pris égal à 1/1080 du volume spécifique (Vo) *et non à 1/1000 comme il est actuellement admis.*

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement β de l'actinium C″, du mésothorium 2 et de l'uranium X_1 et ses dérivés.* Note (¹) de M. **Marcel Lecoin**, présentée par M. Jean Perrin.

Poursuivant mes recherches sur le rayonnement β primaire des corps radioactifs, j'ai repris l'étude de l'actinium C″ seul, puis celle du mésothorium 2, enfin celle de l'uranium X_1 en équilibre avec UrX_2 et Uz.

J'ai décrit (²) la méthode employée : les trajectoires de brouillard circulaires, produites par les rayons β dans une chambre Wilson, placée

(¹) Séance du 20 mai 1935.

(²) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 405.

dans un champ magnétique uniforme sont photographiées stéréoscopiquement; le rayon de courbure de chaque trajectoire est déterminé par la mesure d'une corde et de la flèche correspondante au moyen du stéréocomparateur de Pulfrich.

Les feuilles minces de cellophane ou d'or portant le radioélément sont placées verticalement suivant l'axe de la chambre; ce nouveau dispositif

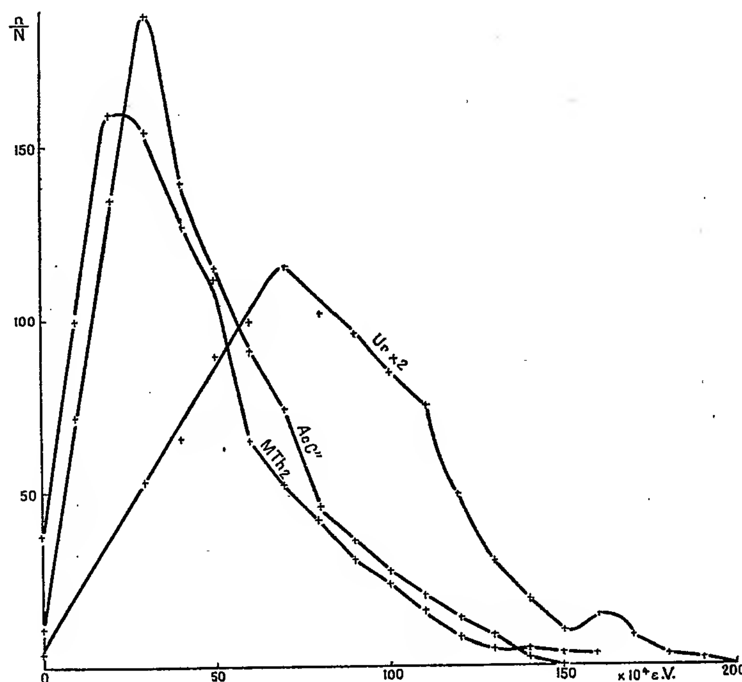


Fig. 1.

permet d'étudier le rayonnement émis par le radioélément, sans aucune filtration à travers la matière, et en particulier de compter les rayons ayant une énergie comprise entre 40 et 80.10^3 EV; d'autre part, il permet en même temps d'étudier la modification subie par ce même rayonnement après son passage au travers de la feuille. L'actinium C'' était préparé par recul sur une feuille de cellophane de 8/100 de millimètre, introduite avant chaque détente dans la chambre; le mésothorium 2, préparé par la méthode indiquée par Haissens Ky (¹), était déposé sur une feuille sem-

(¹) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1788.

blable. L'uranium X_1, préparé par la méthode de Guy et Russel [1], était déposé sur une feuille d'or de 4/100 de millimètre.

Les courbes de répartition de l'énergie (abscisses : énergies, ordonnées : rapport du nombre n de rayons β observés avec cette énergie au nombre total N de rayons observés pour un même corps) correspondant aux rayonnements non filtrés sont représentées sur la figure 1 ; le nombre N est de 550 pour AcC″, de 845 pour Mth 2 et de 1724 pour UrX_1 et ses dérivés. Les courbes correspondant aux rayonnements filtrés seront publiées ultérieurement. Dans le cas des corps déposés sur cellophane (AcC″ et Mth 2), les courbes relatives au rayonnement filtré et au rayonnement non filtré se superposent exactement à partir de 10^6 EV. En tenant compte, d'autre

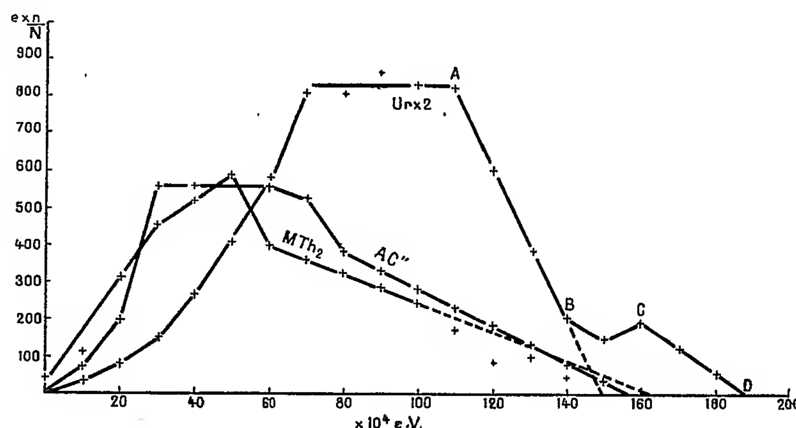


Fig. 2.

part, pour AcC″ des résultats déjà publiés, les portions de courbes de l'AcC″ et du Mth 2 comprises entre 10^6 EV, et la fin du spectre sont déterminées avec une précision correspondant à $N = 1500$.

L'énergie moyenne de chacun de ces corps est déterminée par la mesure de la surface de la courbe obtenue en portant en abscisse l'énergie et en ordonnée le produit du rapport n/N par l'énergie moyenne de ces n rayons ; les trois courbes ainsi obtenues sont représentées figure 2. Elles définissent une énergie moyenne de $4{,}2.10^5$ EV pour le mésothorium 2, de $4{,}7.10^5$ EV pour AcC″, et de $7{,}35.10^5$ EV pour l'uranium X_1. Ces courbes présentent toutes du côté des hautes énergies une partie rectiligne. Dans le cas, de AcC″ et de Mth 2, ces droites coupent l'axe des abscisses en

(1) *Journal of the Chemical Society*, 124, 1924, p. 2618.

des points qui correspondent à l'énergie maximum observée pour ces corps, au degré de précision des expériences. Elles définiraient avec précision ces énergies : soient $1,56.10^6$ EV pour AcC″ et $1,63.10^6$ EV pour Mth 2.

Dans le cas de UrX_1, la partie rectiligne AB coupe l'axe des abscisses en un point nettement différent de la fin du spectre. Or la transformation de l'UrX_1 en UrX_2 est une transformation β d'énergie inférieure à 10^5 EV; la désintégration β de l'UrZ a une énergie comparable, la courbe représentée plus haut correspond donc à la désintégration de l'UrX_2, jusqu'en AB; la partie supplémentaire BCD (30 rayons pour 1000), correspondrait peut-être à la désintégration de l'UrX_2 en UrZ; il faudrait alors admettre une valeur de la bifurcation dix fois plus forte que celle qui est admise généralement (3 pour 100 au lieu de 0,3 pour 100).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrophotométrique de l'adsorption du cuivre en solutions ammoniacales par l'hydroxyde ferrique précipité.* Note de Mme **Lucile-S. Mathieu-Lévy**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons donné (1) les résultats relatifs à l'adsorption du cuivre en solutions ammoniacales par l'hydroxyde ferrique, et à l'étude du pH de ces solutions. Comme elles contiennent, en particulier, un complexe cupri-amminé beaucoup plus coloré que les ions cupri-hydratés, nous avons pensé qu'une étude de l'absorption lumineuse pourrait fournir des renseignements sur l'adsorption propre du complexe.

Nous avons mesuré avec un spectrophotomètre les valeurs $\varepsilon = \log I_0/I$ de l'absorption des solutions étudiées dans la Note précédente, pour la longueur d'onde $600^{m\mu}$ qui est la plus favorable. Pour cette longueur d'onde, en effet, les valeurs du coefficient d'absorption moléculaire sont : $k_1 = 1$ pour les ions $[Cu(H^2O)^4]^{++}$ et $k_2 = 55$ pour les ions $[Cu(NH^3)^4]^{++}$ qui est le complexe prédominant (2).

La courbe représentative des valeurs de ε en fonction des concentrations en ammoniaque monte d'abord lentement, puis rapidement dans une portion présentant une tangente d'inflexion, et tend enfin vers une limite pour laquelle nous admettons que la formation du complexe est achevée. Le rapport $[NH^4OH]/[Cu]$ qui correspond au maximum d'adsorption se trouve, dans les trois cas, au début de la portion à tangente d'inflexion.

(1) L.-S. Mathieu-Lévy, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1751.
(2) P. Job, *Ann. Chim.*, 10e série, 9, 1928, p. 184.

Le tableau donne les différences $\Delta\varepsilon$, des valeurs de ε, avant et après adsorption du cuivre. Les courbes $\Delta\varepsilon = f[(NH^4OH)]$ présentent toutes un maximum dont l'abscisse croît avec la concentration en cuivre et ne correspond pas à celle du maximum d'adsorption. La connaissance des coefficients d'absorption moléculaire k_1 et k_2 montre d'abord qu'il est impossible d'attribuer les variations de ε à la disparition d'ions $[Cu(H^2O)^4]^{++}$. Il

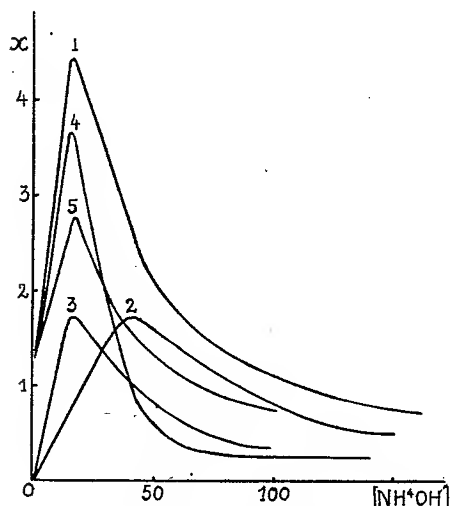


Fig. 1. — *Solutions* A.

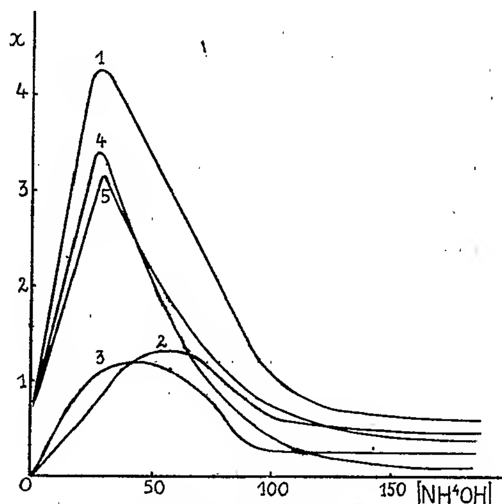


Fig. 2. — *Solutions* B.

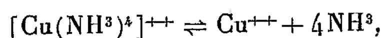
x = quantité de cuivre adsorbé en at. mg. $^0/_{00}$.
$[NH^4OH]$ = concentration initiale de l'ammoniaque en mol. mg. $^0/_{00}$.

faut admettre que des ions cupri-amminés ont disparu au cours de l'adsorption. Supposons que ces ions aient été adsorbés : on peut calculer le poids de cuivre adsorbé à partir des valeurs de $\Delta\varepsilon$. En fonction de $[NH^4OH]$, ces valeurs passent naturellement par un maximum de même abscisse que $\Delta\varepsilon$, les ordonnées correspondantes étant toujours inférieures (courbes 2) à celles qui représentent le cuivre total adsorbé (courbes 1).

D'autre part, nous avons effectué le dosage acidimétrique des solutions cupri-ammoniacales avant et après adsorption et constaté la disparition d'une certaine quantité Δ d'ammoniaque. On a déterminé par la même méthode la quantité Δ' d'ammoniaque adsorbée par l'hydroxyde ferrique en l'absence de cuivre, toutes autres conditions étant maintenues les mêmes. Les différences $\Delta - \Delta'$ permettent de calculer la quantité de complexe disparue de la solution au cours de l'adsorption (courbes 3).

On constate que les courbes 2 et 3 ne coïncident pas. La discussion des erreurs apportées dans les deux méthodes de mesures utilisées, par le

déplacement au cours de l'adsorption de l'équilibre



$$[Cu(NH^3)^4]^{++} \rightleftharpoons Cu^{++} + 4NH^3,$$

montre que la représentation de l'adsorption du complexe est en réalité une courbe intermédiaire entre les courbes 2 et 3. Cette courbe ne se confond pas avec la courbe 1. On est donc amené à admettre que le cuivre se trouve adsorbé, en partie sous forme de complexe, en partie sous forme d'hydroxyde colloïdal [courbes intermédiaires entre les courbes 4 (différence entre 1 et 2) et 5 (différence entre 1 et 3)]. Chacune de ces adsorptions présente un maximum. Le maximum d'adsorption de l'hydroxyde correspond au début de la formation rapide du complexe; celui du complexe correspond à la fin de formation du complexe. L'adsorption diminue aux fortes concentrations en ammoniaque parce que celle-ci intervient alors par ses propriétés basiques.

	Δε.		
$[NH^4OH]$.	Solutions A.	Solutions B_1.	Solutions C.
4,66	–	0	–
9,32	0,01	0,01	–
13,9	–	0,02	–
18,65	0,05	0,025	0,01
23,30	–	0,03	–
28	0,08	0,04	–
32,6	–	0,05	–
37,3	0,08	0,055	–
46,6	0,09	0,07	–
55,8	0,08	0,15	–
74,6	–	–	0,01
93,2	0,55	0,09	0,03
139	0,255	–	0,06
186,5	0,2	0,025	0,02
373	0,02	0,005	–

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Le dosage de l'ozone atmosphérique par la fluorescéine.* Note de M. **Wilfried Heller**, présentée par M. Aimé Cotton.

M. A. Maché vient de publier quelques remarques au sujet du dosage de l'ozone par la fluorescéine (¹). Nous nous étions occupé également de cette

(¹) *Comptes rendus,* 200, 1935, p. 1760.

question en envisageant surtout l'application au dosage de l'ozone atmosphérique. Nous désirerions donner ici un bref résumé de notre étude dont les résultats complets seront publiés ailleurs.

Le dispositif expérimental différait de celui qui avait été proposé par L. Benoist [1]. Le gaz à étudier passait dans une colonne remplie de la solution de fluorescéine. Il traversait ensuite une autre colonne qui contenait une liqueur iodométrique et qui servait à la détermination de la vitesse maximum permise pour l'écoulement du gaz. Nous avons mesuré la diminution après un certain temps de la fluorescence produite par la réaction au lieu de mesurer — ce qui aurait été moins précis — le temps nécessaire à une destruction complète. Nous comparions directement les fluorescences à celles données par une série de solutions témoins de fluorescéine de titres connus (variant de 3,3 à $3,3.10^{-7}$ mg par centimètre cube). En employant un nicol nous avons éliminé la diffraction de la lumière (surtout par les poussières) qui gêne beaucoup la détermination d'une fluorescence faible.

Dans l'oxygène ozonisé qu'on employait la fraction de la pression totale attribuable à l'ozone a varié entre $6,9.10^{-3}$ et $2,1.10^{-7}$. Pour des teneurs en ozone de plus en plus faibles nous avons employé comme réactifs des solutions de fluorescéine de plus en plus diluées (jusqu'à $3,3.10^{-6}$ mg/cm^3). Quoique applicable, cette méthode pour plusieurs raisons ne peut pas encore être considérée comme tout à fait satisfaisante.

1° Il y a une autodestruction de l'ozone dont la vitesse est donnée en première approximation [2] par la relation

$$-\frac{d(O_3)}{dt}=\frac{2}{3}k_1[O_3][OH^-]+2\sqrt{\frac{k_1k_2k_3}{k_4}}[O_3]^{\frac{3}{2}}[OH^-]^{\frac{4}{2}}.$$

Étant donné l'alcalinité des solutions de fluorescéine, le rapport r de la masse d'ozone à celle de fluorescéine, tel qu'il se calcule sur la base des analyses, varie avec le pH, ce que remarque d'ailleurs aussi M. Maché. On pourra probablement écarter cet inconvénient : on cherchera quelle est la valeur minima du pH pour laquelle la réaction *parasite* ne soit pas trop gênante sans que la réaction de fluorescéine devienne trop lente.

2° r augmente aussi avec la destruction progressive de la fluorescéine. Mais ce défaut pourra être atténué si l'on arrête la réaction quand il reste au minimum 5 pour 100 de la concentration initiale en fluorescéine; car

---

(1) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 612.

(2) Voir P. Weiss, *Trans. Faraday Soc.*, 31, 1935, p. 668.

c'est seulement à partir de là que la variation systématique de r est très sensible.

3° r augmente encore avec la diminution de la pression partielle en ozone. Il croît de plus du double en passant par exemple d'une pression partielle de 2.10^{-5} à 2.10^{-7}. Quelle que soit la cause de cette variation singulière, elle nous paraît liée à des causes expérimentales telle que celle-ci : L'ozone passe au cours de sa dilution progressive sur une grande surface de verre. Or, pour de très faibles concentrations en ozone, l'adsorption et la décomposition de ce corps sur les parois jouent nécessairement un rôle de plus en plus important. C'est pour cette raison que nous avons dû nous arrêter à une pression partielle de $2,1.10^{-7}$, soit une concentration à peu près 10 fois supérieure à celle de l'ozone dans les couches basses de l'atmosphère.

Nous nous sommes particulièrement préoccupé de l'influence quantitative des autres gaz qu'on rencontre dans l'atmosphère. Les résultats obtenus semblent être assez encourageants. Ni l'oxygène, ni l'azote purs n'ont aucune influence. Les composés oxygénés de l'azote ne donnent que des effets négligeables vis-à-vis de l'effet produit par l'ozone. En particulier, NO agit 10^{11} fois moins que l'ozone pour une concentration équivalente. Pour des pressions partielles comprises entre 10^{-3} et 10^{-5}, NO^2 est 50 à 100 fois moins actif que l'ozone ayant une pression partielle équivalente. Enfin le CO^2 a aussi une influence, mais qui est encore 10 à 50 fois inférieure à celle du NO.

La méthode à la fluorescéine pourrait donc présenter des avantages décisifs vis-à-vis des méthodes iodométriques. En effet, même si celles-ci permettaient un dosage exact de l'ozone pur et très dilué, ce qui n'est pas encore prouvé, elles ne peuvent, si on les applique à l'atmosphère, que donner des résultats complexes. Elles donnent, pour la concentration en ozone dans l'air atmosphérique, des valeurs trop élevées, puisque les composés oxygénés de l'azote, qui sont toujours présents, interviennent alors.

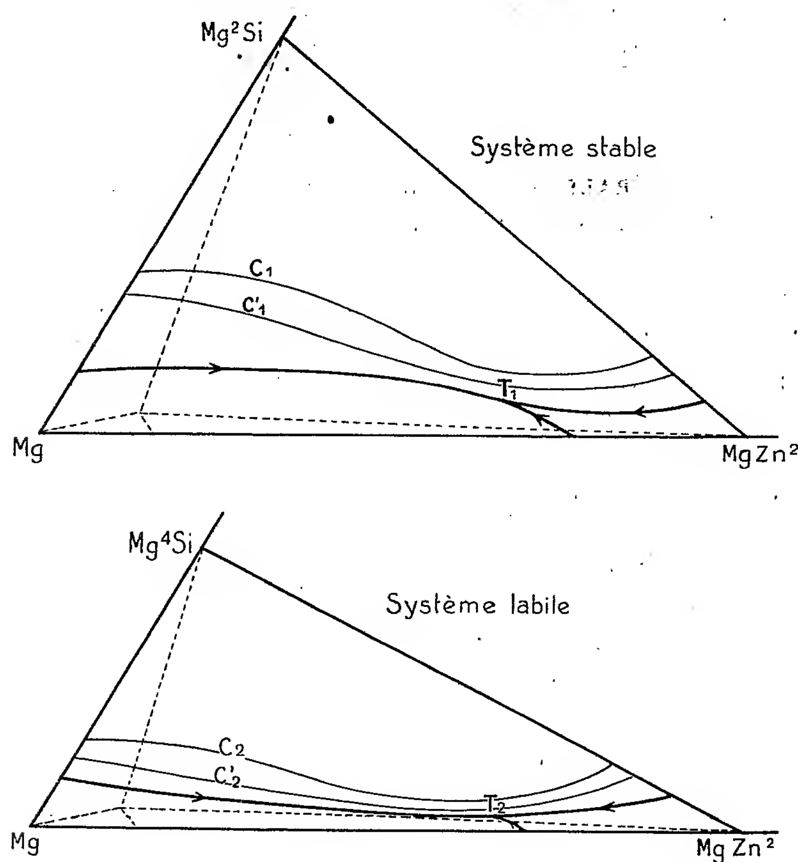
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la constitution des alliages magnésium—zinc—silicium riches en magnésium.* Note ([1]) de MM. **Émile Elchardus** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

De nouvelles recherches sur les alliages Mg—Si—Zn riches en Mg nous ont conduit à compléter nos résultats antérieurs ([2]) sur la constitution de

([1]) Séance du 27 mai 1935.

([2]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1125.

ces alliages. Nous avons en particulier reconnu l'existence d'un système labile dû au siliciure instable Mg^4Si fondant à 932°. Ce composé forme dans le binaire Mg—Si un eutectique à 2,7 pour 100 de silicium fondant à 575°. Il en résulte pour le ternaire Mg—Zn—Si la possibilité de deux systèmes l'un stable, l'autre labile et que nos recherches, tant par analyse thermique que par métallographie, nous ont permis d'établir de la manière suivante, les domaines d'existence des phases à l'état solide restant conformes à la figure publiée dans la précédente Note.



Dans le système stable le diagramme d'équilibre thermique ayant pour sommets Mg — $MgZn^2$ — Mg^2Si forme un système à eutectique ternaire T_1 (dont la composition est celle donnée dans la précédente Note) avec trois surfaces de dépôt primaire sans zone de non-miscibilité. Le système labile correspondant à Mg — $MgZn^2$ — Mg^4Si est semblable au précédent; il présente un eutectique ternaire T_2 fondant à 314° et de composition : Mg 51,85; Zn 47,7; Si 0,45.

La sensibilité de la méthode employée a permis de mettre en évidence dans le système stable, à l'intérieur de la zone de dépôt primaire de Mg^2Si, un domaine limité par deux surfaces réglées, engendrées par des droites s'appuyant d'une part sur la perpendiculaire au triangle des concentrations élevée au point représentatif de Mg^2Si et d'autre part sur deux courbes C_1 et C_2 de la surface de dépôt primaire de Mg_2Si. A l'intérieur de ce domaine coexistent deux phases solides et une phase liquide. Le système labile possède également une zone analogue.

L'existence du système labile explique certaines anomalies observées lors de l'étude des propriétés physiques et mécaniques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Carbonates basiques de magnésium.* Note de Mme **Léone Walter Lévy**, présentée par M. Georges Urbain.

L'étude de la formation par voie humide des carbonates basiques de magnésium a révélé jusqu'ici l'existence certaine d'un seul composé basique : l'hydromagnésite ([1]). Sa formule restait discutée; nous avons donné des arguments en faveur de $5MgO, 4CO^2, 5H^2O$ ([2]).

L'étude de la décomposition du sel double $CO^3Mg, CO^3K^2, 4H^2O$ en vase clos, de 100° à 200°, par les solutions de carbonate et de bicarbonate de potassium, nous a permis de déceler l'existence de deux composés basiques nouveaux ([3]). Les résidus de décomposition examinés aux rayons X. présentent en effet deux diagrammes caractéristiques ([4]). Nous désignerons ces composés par les lettres B et C.

Au cours de la réaction, de l'hydromagnésite, de la magnésie $Mg(OH)^2$

([1]) G.-R. Lévi, *Annali di Chimica applicata*, 14, 1924, p. 295; Menzel et Bruckner, *Zeit. für Electrochemie*, 36, 1930, p. 63; G.-R. Lévi et D. Giron, *Gazzetta Chimica Italiana*, 62, 1932, p. 218.

([2]) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1818.

([3]) Ces composés se forment aussi dans la décomposition, dans les mêmes conditions, du sel $CO^3Mg, CO^3Am^2, 4H^2O$. L'un de ces composés, que nous désignerons ultérieurement par la lettre C, se forme aussi dans la double décomposition du carbonate de potassium en solution concentrée par le sulfate de magnésium. Il apparaît encore dans la décomposition du sel $CO^3Mg, 3H^2O$ par les solutions concentrées de carbonate de potassium.

([4]) Nous devons ces diagrammes à MM. M. Mathieu et C. Kurylenko.

et de la giobertite CO^3Mg, peuvent aussi apparaître. Les deux carbonates basiques nouveaux ainsi que l'hydromagnésite sont instables dans les conditions où ils prennent naissance et se transforment avec le temps en CO^3Mg et $Mg(OH)^2$ (1).

La formation de ces composés dépend de nombreux facteurs : température, durée des essais, concentration en carbonate et en bicarbonate des solutions, masse de sel mis en œuvre, etc. La magnésie se forme dans les solutions de carbonate de potassium, le composé de spectre C, dans les solutions concentrées (teneur en K^2O à 5 mol/l) et pauvres en bicarbonate (rapport $CO^2/K^2O = 1{,}04$ à $1{,}08$, durée de l'essai : 1 heure, à 150°).

Le composé B prend naissance dans les solutions diluées ou moyennement riches en bicarbonate ($CO^2/K^2O = 1{,}15$ à $1{,}75$, durée de l'essai : trois quarts d'heure à 175°) et à partir du sel initial non pulvérisé seulement. L'hydromagnésite est produite dans les solutions riches en bicarbonate, à partir du sel pulvérisé ou non, ainsi que dans les solutions moyennement riches en bicarbonate ou diluées à partir du sel pulvérisé. La giobertite apparaît lorsqu'on augmente la quantité de sel initial mis en œuvre (à partir de 0,05 mol/l) et lorsqu'on prolonge la durée des essais.

L'analyse chimique des précipités présentant des spectres caractéristiques purs a donné pour l'hydromagnésite, lavée à l'eau, séchée à 110°, le rapport $CO^2/MgO = 0{,}794$, $H^2O/MgO = 1{,}000$, ce qui confirme la formule déjà établie.

Nous avons trouvé pour le composé C, lavé à l'eau, séché à 110° :

$K^2O/MgO = 0{,}11$ à $0{,}13$; $CO^2/MgO = 0{,}72$ à $0{,}80$; $H^2O/MgO = 0{,}66$ à $0{,}72$.

Nous pouvons par suite admettre provisoirement la formule $8MgO, K^2O, 5CO^2, 5H^2O$.

En ce qui concerne le composé B, lavé à l'eau, séché à l'air (2), nous avons pu établir des paliers de composition fixe en fonction des divers facteurs de la réaction. Le rapport CO^2/MgO est égal à $0{,}744 \pm 0{,}02$ (moyenne de six expériences).

La constance du rapport H^2O/MgO est moins bonne, ce rapport varie de 0,76 à 0,91. Pour les résidus les mieux cristallisés, c'est-à-dire présen-

(1) Nous avons déjà signalé que l'hydromagnésite se présentait comme un composé intermédiaire dans la formation de CO^3Mg (*loc. cit.*).

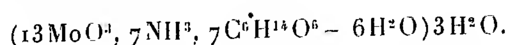
(2) Ce composé ne peut être séché à l'étuve à 110°, ni sur l'anhydride phosphorique à la température ordinaire, sans perdre de légères quantités de CO^2.

tant les spectres les plus nets, ce rapport est très voisin de 0,75. On peut donc attribuer à ce composé la formule $4MgO, 3CO^2, 3H^2O$, qui rappelle celle de l'acétate basique de glucinium $Gl^4O, 6CH^3CO^2$ (1).

CHIMIE. — *Sur l'acide mannito-dimolybdique.*
Note de Mme **Zina Soubarew-Chatelain**, présentée par M. Georges Urbain.

Gernez (2), puis G. Tanret (3) et A. Honnelaître (4) ont montré que l'addition d'acide molybdique ou d'un molybdate alcalin à des solutions de mannite détermine, dans les solutions de ce dernier corps, un accroissement relativement considérable du pouvoir rotatoire, qui présente un maximum lorsque le rapport du nombre de molécules d'acide molybdique au nombre de molécules de mannite est sensiblement égal à 2.

G. Tanret, mettant en œuvre le paramolybdate d'ammonium (qu'il appelle heptamolybdate d'ammoniaque), a isolé à l'état cristallisé un complexe répondant au pouvoir rotatoire maximum des solutions de mannite, et auquel il a attribué la formule



$$(13MoO^3, 7NH^3, 7C^6H^{14}O^6 - 6H^2O)3H^2O.$$

A. Honnelaître, qui a opéré sur des solutions contenant des quantités égales de mannite et des quantités croissantes d'acide molybdique, est arrivé, tant par des mesures de pouvoir rotatoire que par des mesures de pH, aux conclusions suivantes :

1° par addition d'acide molybdique à la mannite, il se forme un seul composé défini ;

2° la courbe admet deux portions rectilignes reliées par un coude peu étendu, et se coupant en un point dont l'abscisse met en évidence l'existence d'un composé de la forme $(MoO^3)^2, C^6H^{14}O^6$;

3° ce composé est un acide dont la neutralisation par l'ammoniaque *doit* conduire au sel de Tanret, dont la composition serait très voisine de $2MoO^3, C^6H^{14}O^6, NH^3$ (aux molécules d'eau près).

Toute l'argumentation de Honnelaître repose sur l'interprétation de courbes, et sur l'hypothèse d'après laquelle les sels isolés des solutions

(1) G. Urbain, H. Lacombe, *Comptes rendus*, 133, 1901, p. 874.
(2) *Comptes rendus*, 162, 1921, p. 1500; *Bull. Soc. chim.*, 29, 1929, p. 676.
(3) *Comptes rendus*, 112, 1891, p. 1360.
(4) *Ann. de Chim.*, 3, 1925, p. 54.

doivent avoir la composition accusée par les points singuliers que présentent les courbes des mélanges.

Or il se présente parfois que des solutions dont les propriétés accusent, par la méthode des variations continues, la présence d'un sel d'une certaine composition, laissent déposer des sels cristallisés d'une composition différente.

Les conclusions de Honnelaître, bien que hautement probables, ne pouvaient donc être tenues pour définitives. Il eût fallu, pour atteindre ce résultat, que l'acide mannito-dimolybdique, dont Honnelaître a démontré l'existence en solution, ait été isolé et que sa composition s'identifiât à celle qu'accusent les points singuliers des courbes de mélanges.

C'est ce complément indispensable de démonstration qui fait l'objet de la présente Note.

De l'acide molybdique monohydraté et de la mannite, dans le rapport $2\,MoO^3, H^2O/C^6H^{14}O^6$, traités par l'eau à l'ébullition donnent à la longue une liqueur limpide. La présence d'un petit excès de mannite, ou de traces d'acide chlorhydrique ou de soude, favorisent la dissolution de l'acide molybdique dans la solution de mannite, et il suffit alors de chauffer à 80° pour obtenir assez rapidement une dissolution complète. Tout excès d'acide molybdique doit être évité, car il donne naissance au bleu de molybdène colloïdal qui gêne les opérations ultérieures.

Par refroidissement, les solutions limpides suffisamment concentrées laissent déposer des cristaux en aiguilles blanches très fines et d'aspect soyeux; 0,2 mol/g de MoO^3, H^2O et 0,1 mol/g de mannite dans 500$^{cm^3}$ permettent une bonne préparation. Séchés à l'air ou dans le vide, les cristaux ne bleuissent pas à la lumière solaire, et ils sont parfaitement homogènes au microscope.

Leur solution aqueuse est acide et accuse en solution aussi concentrée que possible un pH = 2,8. L'analyse leur assigne la composition



$$Mo^2O^7H^2, C^6H^{14}O^6, H^2O,$$

d'accord avec les données physicochimiques de Honnelaître : la molécule d'eau mise en évidence dans cette formule s'élimine dès 120°, et en élevant la température jusqu'à 180°, le poids de matière ne change plus; trouvé 3,83 pour 100; calculé 3,55 pour 100. Les autres dosages ont porté sur le sel ainsi déshydraté, qui doit être formulé $Mo^2O^7H^2, C^6H^{14}O^6$. MoO^3 pour 100 : trouvé 58,83; calculé 59,01; C pour 100 : trouvé 14,71; calculé 14,75; H pour 100 : trouvé 3,43; calculé 3,27. La pureté du résidu

MoO^3 de calcination a été controlée par la transformation en chlorhydrine molybdique.

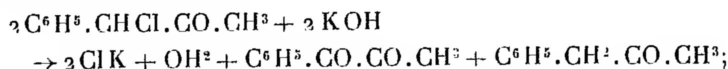
Le complexe déshydraté $Mo^2O^7H^2, C^6H^{14}O^6$ se dissout plus aisément dans l'eau que son hydrate. La solubilité des deux sels croît avec la température. Le complexe mannito-dimolybdique présente les caractères d'un complexe parfait; c'est ainsi que l'acide molybdique y est dissimulé à son réactif le plus sensible, le ferrocyanure de potassium, qui, en liqueur acide, donne avec des traces d'acide molybdique ou de molybdates une coloration brune très caractéristique. Le nitrate d'argent ne donne pas de précipité immédiat; mais après plusieurs heures, ou par chauffage, un précipité jaune apparaît.

Ces résultats d'ordre purement chimique précisent les résultats d'ordre physique obtenus antérieurement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des cétones α-halogénées.* Note de M. **Georges Richard**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant fait agir la potasse sèche et pulvérisée sur la chloro-1-phényl-1-propanone en solution dans l'éther anhydre, j'ai obtenu :

a, une phase liquide, d'où j'ai extrait une huile distillant entre 101° et 105° sous 12^{mm}. Cette huile réagit sur le chlorhydrate de semicarbazide pour former la semicarbazone de la phénylacétone fondant à 197° (¹) et la disemicarbazone du méthylphénylglyoxal qui fond à 231° (²). La production simultanée et en quantités à peu près équimoléculaires de phénylacétone et de méthylphénylglyoxal s'explique facilement par une action oxydoréductrice de la potasse :

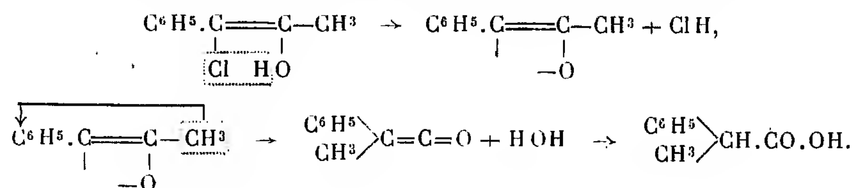


$$2\,C^6H^5.CHCl.CO.CH^3 + 2\,KOH \rightarrow 2\,ClK + OH^2 + C^6H^5.CO.CO.CH^3 + C^6H^5.CH^2.CO.CH^3;$$

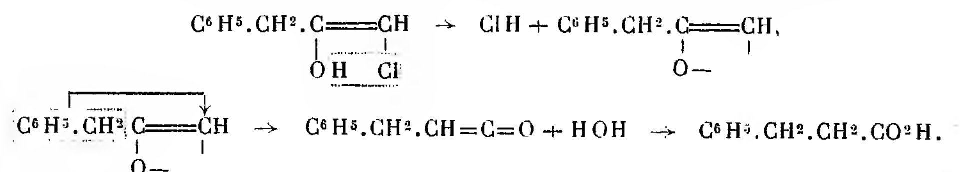
b, une masse solide, soluble dans l'eau et formée de sels métalliques. Par addition d'acide minéral, sa solution aqueuse précipite de l'acide β-phénylpropionique $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO^2H$, fondant à 48°,5-49° La production d'acide β-phénylpropionique semble ne pouvoir s'expliquer sans modification par le mécanisme que j'ai proposé dans le cas du chloro-1-diphényl-

(¹) Tiffeneau, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 1539.
(²) Auwers, *Ber. der chem. Ges.*, 50, 1917, p. 1612.

1.2-éthanal (¹). Si l'action de la potasse se bornait à un enlèvement d'acide chlorhydrique à la forme énolique de la cétone suivi du réarrangement moléculaire que j'ai admis, la chloro-1-phényl-1-propanone devrait en effet conduire à l'acide α-phényl propionique : $C^6H^5CH(CH^3)CO^2H$.

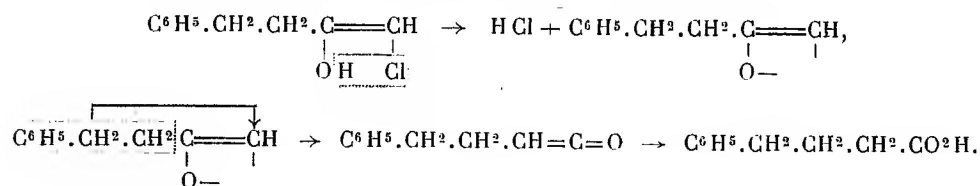


Par ce même mécanisme l'acide β-phénylpropionique dériverait, au contraire, de la chloro-3-phényl-1-propanone $C^6H^5.CH^2.CO.CH^2Cl$



Il faut donc voir, entre les deux cétones isomères, une tautomérie dont j'essaierai tout à l'heure de préciser la nature.

De même, ayant fait agir la potasse sèche et pulvérisée sur une solution éthérée de chloro-2-phényl-1-butane-one-3, $C^6H^5.CH^2.CHCl.CO.CH^3$, j'ai obtenu de l'acide ω-phénylbutyrique, $C^6H^5.CH^2.CH^2.CH^2.CO^2H$, fondant à 51°. La production de cet acide ne peut également s'expliquer que par une tautomérie entre cette cétone et la chloro-4-phényl-1-butane-one-3, $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.CH^2Cl$,



Le mécanisme simple eut fait prévoir l'acide α-benzylpropionique



$$C^6H^5.CH^2.CH(CH^3).CO^2H$$

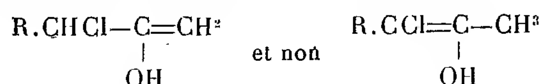
fondant à 37°. Enfin, l'action de la potasse sèche et pulvérisée sur la

(¹) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1432.

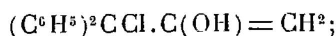
chloro-1-diphényl-1-1-propane $(C^6H^5)^2-CCl.CO.CH^3$ (préparée par action du chlorure de sulfuryle sur la diphényl-1-1-propanone et fondant à 63°,5-64°) m'a donné l'acide β-β-diphénylpropionique



fondant à 154°. Ici encore une tautomérie entre cette cétone et la chloro-3-diphényl-1-1-propanone $(C^6H^5)^2.CHCOCH^2Cl$ permet d'interpréter la formation de cet acide. Il faut remarquer que dans ce dernier cas l'absence d'hydrogène sur le carbone portant le chlore ne modifie pas la nature de la réaction : la présence d'un hydrogène sur le carbone portant l'halogène n'est pas nécessaire pour les réactions anormales de la potasse. Si, donc, le mécanisme est le même dans les trois cas, l'énol qui intervient effectivement dans les deux premières réactions est



car, dans le troisième cas un seul énol est possible, c'est



or, le premier énol et $R.CH=C(OH)-CH^2Cl$, sont des isomères synioniques ([1]), qui peuvent se transformer l'un dans l'autre, et en tous cas laissent, lors du départ du chlore, des restes identiques; il est, dans ces conditions, tout à fait à prévoir que les cétones



devront se comporter de façon identique lorsque les formes énoliques interviendront.

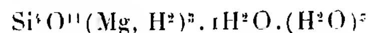
MINÉRALOGIE. — *Sur la définition des sépiolites.*
Note de MM. **Henri Longchambon** et **Georges Migeon**.

L'étude comparative d'un certain nombre d'échantillons de sépiolites ([2]), et celle d'un de ces échantillons particulièrement remarquable ([3]), per-

(1) Prévost, *Annales de Chimie*, 10e série, 10, 1928, p. 120.
(2) G. Migeon, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 471 et 946.
(3) H. Longchambon, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 949, 1331 et 1607.

mettent de donner des caractéristiques physiques et chimiques pouvant servir à la définition des sépiolites.

I. *Formule chimique.* — L'un de nous a proposé pour les sépiolites la formule de principe suivante :



$$Si^4O^{11}(Mg, H^2)^5.1H^2O.(H^2O)^z$$

comme rendant compte de la composition et des propriétés des sépiolites. Les propriétés et compositions des échantillons étudiés sont en accord avec cette hypothèse et sont représentées par les formules suivantes :

Salinelle	$Si^4O^{11}Mg^{2,72}H^{0,56}.1H^2O.(H^2O)^z$	$z = 3,8$
Vallecas	$Si^4O^{11}Mg^{2,59}H^{0,82}.1H^2O.(H^2O)^z$	$z = 3,7$
Ampandrandava	$Si^4O^{11}Mg^{2,58}H^{0,84}.1H^2O.(H^2O)^z$	$z = 3,7$
Coulommiers	$Si^4O^{11}Mg^{2,53}H^{0,94}.1H^2O.(H^2O)^z$	$z = 3,6$
Cabanas	$Si^4O^{11}Mg^{2,38}H^{1,24}.1H^2O.(H^2O)^z$	$z = 3,2$
Schumla	$Si^4O^{11}Mg^{2,71}H^{0,58}.1H^2O.(H^2O)^z$	$z = 5,2$

Les valeurs de z correspondant à de l'eau à caractère zéolitique, sont données pour des échantillons abandonnés à l'air du laboratoire. Le terme Mg correspond à la somme Mg + Ca + Fe.

II. *Caractéristiques physiques.* — L'homogénéité des radiogrammes de diffraction X par la méthode des poudres obtenus avec les échantillons ci-dessus permet d'étendre à cet ensemble les résultats obtenus avec la sépiolite d'Ampandrandava qui se prête seule à l'obtention de radiogrammes de fibres :

Minéral monoclinique pseudo-orthorhombique, axe C dirigé suivant la direction de fibres et paramètre $c = 5,32$ Å.

Rapport probable $a:b:c := 1,47:1:0,338$.

Densité : 2,15. Indice de réfraction moyen : 1,50. Extinction suivant la direction de fibre.

Les diffractions les plus intenses du rayonnement X par la méthode des poudres, la seule applicable à la majorité des échantillons, correspondent aux équidistances suivantes, calculées arbitrairement comme dues à des réflexions de premier ordre :

11,4	4,4	2,6	(intensité 10)
3,8	3,4	3,25	(intensité 4 à 6)

III. *Propriétés physicochimiques.* — Tous les échantillons sont complètement attaquables par l'acide chlorhydrique à 10 pour 100 à froid (12 48 heures).

Pour des variations de température de 0 à 1000° en 8 heures, l'échan-

tillon étant maintenu dans l'air à pression ordinaire sous tension de vapeur d'eau saturante à 15° on observe les propriétés suivantes communes à tous les échantillons précités :

Le terme $(H^2O)^z$ des formules ci-dessus représente de l'eau partant avant 350°, pouvant être intégralement réabsorbée à l'état de vapeur ou remplacée par des vapeurs d'autres substances. La valeur de z varie en fonction de l'humidité de l'atmosphère et, dans une certaine mesure, de la texture de l'échantillon. En moyenne $z = 3,5$ à 4. La perte ou reprise de cette eau se fait sans modification du réseau sensible par radiogrammes ou par courbe dilatométrique.

L'hydrate $Si^4O^{11}(Mg, H^2)^3.1H^2O$ se décompose progressivement à partir de 350°. Cette décomposition se traduit par une évolution du réseau aboutissant à une nouvelle structure, dénommée sépiolite II par l'un de nous, se marquant sur les radiogrammes de poudre principalement par une contraction des équidistances 11,4, 3,4 et 3,25 qui deviennent respectivement 10,3 très large et floue, 3,14 et 3,0. Ces modifications sont nettes lorsque la structure de la sépiolite II est bien installée, c'est-à-dire à partir de 500-550°. Sur les courbes dilatométriques elle se traduit par une contraction rapide aux environs de 350°.

La destruction du groupement $Si^4O^{11}(Mg, H^2)^3$ se produit vers 750° avec libération de l'eau contenue, destruction du réseau et, sur les courbes dilatométriques, contraction rapide à cette température.

Un chauffage à température plus élevée détermine dès 800° une recristallisation d'enstatite et vers 1100°-1200° une recristallisation de cristobalite. Sur les courbes dilatométriques on observe l'apparition vers 950° d'un état plastique.

L'analyse thermique différentielle enregistre également les modifications corrélatives des variations de température.

Ce procédé d'investigation qui fait la somme des variations d'énergie réticulaire, des chaleurs latentes de vaporisation de l'eau, des chaleurs de dissociation, de combinaison, et des variations de conductibilité thermique, donne dans un cas comme celui qui nous occupe des indications complexes qui ne peuvent être interprétées directement. D'autant qu'il exige pratiquement une vitesse de variation de la température en fonction du temps relativement grande, faisant empiéter les diverses anomalies les unes sur les autres. Pour ces raisons, nous n'avons pas fait état antérieurement des renseignements obtenus par ce procédé. De ceux-ci, en dehors du large phénomène endothermique correspondant au départ de l'eau zéolitique, une

seule anomalie nette se dégage comme indépendante dans une bonne mesure du mode opératoire, à savoir un phénomène exothermique aigu vers 750°-800°. Avec un échantillon comme la sépiolite de Schumla, ce phénomène est instantané comme explosif. Observé par Mlle Caillère (¹) sur la sépiolite d'Ampandrandava il a été attribué par cet auteur à une chaleur de recristallisation de substance amorphe. Il coïncide en fait avec les variations d'énergie dues à la destruction du réseau de la sépiolite II et à la recristalisation immédiate d'enstatite.

LITHOLOGIE. — *Étude des gabbros de Zlatibor (Serbie occidentale)*. Note de M. **Stoyan Pavlovitch**.

Dans la partie méridionale du massif de péridotites de Zlatibor près de Priboj (Panja Glava et Mramorje) et au sud de Varda (Sirova Gora), on rencontre trois massifs de gabbros dont la superficie totale est de 18^{km^2} environ. Leur importance est donc nettement inférieure à celle des péridotites (²). Ils existent également dans le nord du massif sous forme de dykes à Rastište et Sjenožeta. Ces roches n'ont fait l'objet, jusqu'à présent, que de travaux restreints de Hammer puis de Marić. J'en ai poursuivi une étude détaillée sur le terrain et au laboratoire.

Les deux types les plus répandus sont des gabbros à olivine très peu déformés, plus ou moins riches en pyroxènes (Panja Glava et Mramorje) et des gabbros à pyroxène ouralitisé (Rastište) très fortement écrasés (Varda), au point de prendre la structure schisteuse et de constituer un passage aux amphibolites.

Dans le premier type, le plagioclase est une bytownite (70 à 90 pour 100 d'anorthite). Ses cristaux automorphes maclés suivant les lois de Carlsbad et de l'albite atteignent parfois 4 à 5^{cm} dans les types pegmatitiques (Sjenožeta). Ils se transforment en séricite, zoïsite, et parfois en prehnite. Le péridot, grenu, est enveloppé par les plagioclases et forme parfois avec eux une association à structure graphique. Il se transforme en antigorite β plus rarement en une trémolite très magnésienne. Les pyroxènes subordonnés aux autres minéraux sont l'augite, le diallage et la bronzite. L'ensemble présente parfois une tendance marquée à la structure ophitique.

L'examen en lumière réfléchie montre que la chromite est incluse dans

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1626.
(²) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1864.

les plagioclases, et que l'ilménite est très fréquente dans les gabbros schillerisés sous forme de lamelles très fines disposées suivant les clivages des plagioclases ou des pyroxènes. La magnétite n'apparaît que dans les gabbros serpentinisés.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SiO^2	43,78	43,24	42,58	43,02	47,16	50,44	44,98	41,48
Al^2O^3	26,10	20,01	21,71	17,86	20,26	14,79	13,30	6,20
F^2O^3	1,01	0,80	0,16	1,21	1,76	1,14	2,88	8,63
FeO	2,18	3,95	3,38	2,58	3,59	8,28	11,75	14,15
MnO	0,07	néant	0,09	0,08	0,11	0,24	0,22	0,22
MgO	9,54	15,57	12,47	16,70	10,29	8,38	5,29	5,72
CaO	13,12	10,24	13,86	12,46	12,66	11,18	10,88	10,40
Na^2O	1,65	1,55	1,06	1,08	1,81	3,06	2,57	2,04
K^2O	0,17	0,09	0,18	0,15	0,16	0,30	0,22	0.11
TiO^2	néant	néant	néant	néant	0,19	1,42	4,84	9,88
P^2O^5	»	»	»	»	néant	0,10	1,54	0,06
H^2O^+	2,08	4,10	3,47	4,13	1,83	0,15	0,67	0,75
H^2O^-	0,17	0,41	0,26	0,29	0,25	0,26	0,50	0,31
CO^2	néant	néant	1,04	0,39	trace	0,37	néant	tracc
Fl	néant	0,09	0,09	0,09	trace	0,26	0,56	0,11
Cr^2O^3	0,06	néant	0,06	0,18	0,07	0,05	néant	néant
	100,09	100,17	100,41	100,22	100,14	100,42	100,20	100,06
Diopside	1,23	2,84	6,58	12,41	12,53	20,98	14,87	34,34
Hypersthène	–	–	–	–	7,49	11,03	17,48	0,83
Péridot	18,72	31,29	24,26	27,96	12,32	8,47	–	–
Minerais	1,39	1,16	0,23	2,08	2,85	4,36	13,30	31,38
An °/₀	86	80	88	85	75	50	53	31
Σc	76,10	60,01	62,96	52,33	62,46	53,20	48,71	32,13

1. Allivalite (Panja Glava)............................ II.5.4(5).5[1'.5.1.1(2)]
2. Allivalite (Sjenožeta)............................ II(III).5.4(5).5[1.'5.1.1(2)]
3. Allivalite passage au gabbro à olivine (Varda Vidovići).. II.5.'5.5[1.4.1'.(1)2]
4. Allivalite, passage au gabbro à olivine (Panja Glava).... III.5.(4)5.5[1.4.1(2).1']
5. Gabbro à olivine (Mramorje)...................... II(III).5.(4)5.5[1'.(2)3.(1)2.'2]
6. Gabbro à olivine (Crni Kamen. Rudo)................ III.5.(3)4.5[1(2).2.2.2(3)]
7. Gabbro sans olivine (Rudo, Nikolići)................ III.5.4.5.[2(3).1.2.3]
8. Gabbro sans olivine (Rastište)...................... IV.4.3.5[3.1.2.3]

Dans le second type de gabbros, les plagioclases (65 à 85 pour 100 An) sont tordus ou fortement broyés. Leur saussuritisation est parfois complète. L'amphibole la plus fréquente est la trémolite ou l'actinote, rarement la hornblende; elles forment de grands cristaux à contours déchiquetés, ou de petites aiguilles disséminées dans les plagioclases, ou encore plus souvent, des touffes de cristaux enchevêtrés. L'augite et le péridot sont très rares. Ces roches généralement pauvres en minerais présentent parfois

(Rudo et Rastište) des concentrations de magnétite et d'ilménite à structure sidéronitique. L'ilménite en grands cristaux y est associée à des lamelles très fines d'oligiste orientées dans son réseau; elle se trouve aussi en cristaux aciculaires régulièrement disposés dans la magnétite.

Dans la classification chimico-minéralogique de M. A. Lacroix ces roches forment une série continue et se rangent autour de quatre types (9 analyses de M. Raoult) : des allivalites leucocrates (analyses 1-2) à plagioclases très basiques sans chaux non feldspathisable et très riches en péridot, des allivalites moins leucocrates (analyses 3-4) formant le passage aux gabbros à olivine et plus répandues que les précédents, des gabbros à olivine francs (analyses 5-6) et enfin des gabbros dépourvus d'olivine et riches en minerais (analyses 7-8). Ce dernier type est plutôt rare.

Ces roches sont étroitement apparentées aux lherzolites avec lesquelles elles sont associées. En effet leur teneur en potasse est extrêmement faible, et l'on peut admettre avec Vogt qu'elles seraient le résidu extrême de la différentiation du magma lherzolitique avec enrichissement en soude, alumine et chaux. Enfin, la comparaison des analyses ci-dessus montre qu'il n'y a pas lieu de séparer, au point de vue magmatique, ces différents massifs de gabbros.

GÉOLOGIE. — *Le métamorphisme générateur de plissements.* Note de M. **René Perrin**, transmise par M. Louis de Launay.

La concordance étroite, dans les Alpes, entre le degré de métamorphisme de certains terrains et l'intensité des efforts auxquels ils ont été soumis, a conduit à l'hypothèse de dynamométamorphisme, autrement dit au « plissement générateur de métamórphisme » auquel, quand on constate l'apport d'éléments chimiques, on superpose un métamorphisme régional.

On explique l'orientation de minéraux de roches comme certains orthogneiss, orientation si souvent concordante avec l'allure générale du plissement, par la recristallisation orientée de granites déformés. Ceci suppose :

1° que celle-ci soit contemporaine du plissement;

2° que, à la température permettant sa recristallisation, la roche soit assez peu plastique, pour que les pressions restent inégales;

3° que la nouvelle cristallisation orientée ne soit plus modifiée par le maintien inévitable, pendant un certain temps, d'une température per-

mettant la recristallisation : tous faits peu en accord avec les observations courantes dans les métaux.

Une autre hypothèse peut expliquer la concordance étroite précitée. Si l'on admet le mécanisme du métamorphisme par réactions chimiques à l'état solide, conduisant même jusqu'au granite, formé à cet état, on est conduit logiquement à la notion du « métamorphisme générateur de plissement ». La comparaison des densités des corps, silice-alumine-chaux, etc., et des feldspaths ou micas montre qu'un sable ou argile absorbant par diffusion solide de la soude, de la potasse, etc., augmente obligatoirement de volume, sans parler de la dilatation due à la chaleur dégagée par la réaction. D'où efforts mécaniques, générateurs de poussées verticales, pouvant s'accompagner d'éclatements ouvrant la voie aux infiltrations de magma et de poussées latérales.

Les réactions chimiques, accompagnées d'expansion, tendent à se propager dans le plan perpendiculaire à la pression la plus forte, donc parallèlement à l'orientation des cristaux : gneiss injectés et tendance à l'extension du métamorphisme en direction des couches. Par montée de température accompagnée ou non d'échanges chimiques nouveaux, il y a recristallisation grenue, la température à laquelle celle-ci peut se produire dépendant de la nature de la roche : *le granite efface la trace du plissement.* Les enclaves des roches ou des cristaux peuvent garder la trace de plissements, qui ne sont que les épisodes d'un même mouvement. Enfin, la continuation de la réaction et de l'expansion corrélative en d'autres points, déforme roches et cristaux déjà formés.

L'existence, signalée par Marcel Bertrand et Termier, d'une série cristallophyllienne dans chaque chaîne, peut induire à trouver dans le métamorphisme solide, accompagné obligatoirement d'expansion, le moteur cherché pour les plissements, moteur chimique, à action lente.

De toutes façons, les actions de métamorphisme générateur de plissements et de roches grenues formées à l'état solide, si elles étaient confirmées, apporteraient de profondes modifications dans la tectonique en général, et pour les Alpes, dans la conception et la division des nappes et pourraient changer l'âge attribué à certaines roches, peut-être même à certains massifs.

L'existence de chaînes de montagnes serait liée à l'existence du métamorphisme, donc à la sédimentation et à l'existence d'une atmosphère, d'où l'absence de chaînes dans la lune.

GÉOLOGIE. — *Structure géologique de l'Oubangui-Chari central.* Note (¹) de M. **Jean Lombard**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Dans une Note récente, j'ai résumé les caractères lithologiques des différents termes de la série de schistes cristallins qui affleure dans l'Oubangui-Chari central, soit de bas en haut :

1. Quartzites ferrugineux et quartzites grossiers; 2. Schistes à disthène et sillimanite; 3. Paragneiss à microcline, oligoclase et micas; 4. Para-amphibolites variablement feldspathiques; 5. Mica et chloritoschistes localement grenatifères; 6. Quartzites; 7. Schistes amphiboliques à zoïsite; 8. Quartzites saccharoïdes; 9. Phyllades.

La disposition structurale de cet ensemble apparemment concordant répond aux caractères essentiels suivants :

A. *Répartition des facies.* — Immédiatement à l'ouest de la Kotto, les formations siliceuses sont réduites à des bancs de quelques dizaines de mètres de puissance, tandis que les amphibolites, les schistes à amphibole et les phyllades atteignent, chacun en ce qui les concerne, de 100 à 200^{m}, voire davantage. Au nord de la route de Bambari à Grimari, les micaschistes conservent une épaisseur de quelques dizaines de mètres; mais les formations amphiboliques disparaissent progressivement vers l'Ouest pour faire place aux quartzites. Il semble donc que l'on puisse distinguer, à l'origine, une zone de sédimentation siliceuse à l'Ouest, tandis que des dépôts alumino-calciques s'accumulaient dans la zone orientale de la région étudiée.

Le complexe ne paraît pas avoir une puissance supérieure à 1000^{m} ; ce qui indique une sédimentation probablement épi-continentale effectuée en bordure de ce qui devait être à cette époque le bouclier africain.

B. *Tectonique.* — *a.* Un premier style tectonique est observable notamment au sud du 5e parallèle nord. Les formations y sont horizontales (Pouloubou) ou affectées d'ondulations à grand rayon de courbure. On y relève des accidents verticaux (failles) et des glissements tangentiels.

b. Au nord du 5e parallèle, les mêmes formations se présentent avec des pendages beaucoup plus forts; de véritables plissements, dont le style exact est encore mal déterminé, sont observables; ils font apparaître les quartzites inférieurs de la série.

(¹) Séance du 27 mai 1935.

c. Enfin, en divers endroits: entre Ato et M'Bago, entre Alindao et la Bakou, et à 33^{km} au sud-ouest de Bambari, gneiss, amphibolites, micaschistes et quartzites apparaissent redressés à la verticale et parfois réduits par écrasement à une épaisseur relativement faible. Ces accidents sont d'autant plus frappants qu'ils sont situés dans la région où, en règle générale, la couverture est le moins plissée.

Si le passage du style (*a*) au style (*b*) est aisément concevable et même apparent sur le terrain, la signification des couches redressées nous échappe encore, aucune charnière n'ayant été observée.

Dans la région peu plissée, deux vastes synclinaux sont bien dessinés en direction méridienne; le cours moyen de la Banghi est établi sur l'anticlinal intermédiaire.

Plissements, redressements et failles affectent trois directions privilégiées qui sont, par ordre de fréquence : N-S; NO-SE et NE-SW. En de nombreux points, les roches présentent des stries de glissement qui, quels que soient la direction et le pendage de la stratification, sont orientées sensiblement N-S. Leur étude minutieuse semble indiquer une poussée venant du Sud.

C. *Intrusions*. — Des intrusions diabasiques ont été relevées au nord de Mobaye, à l'est de Djambo et au km. 58 de la route de Bambari à Alindao.

Localement près de Roandji (riv. Goudo) et près de Pouloubou (riv. Nongo), on trouve des filons isolés, pegmatitiques, très tourmalinifères. Ce sont les seuls indices qui aient été rencontrées d'intrusions granitiques qui demeurent masquées.

J'ai ainsi défini les caractères essentiels d'un complexe de schistes cristallins pour lequel je propose la dénomination de *Système du Haut Oubangui*, du nom de l'importante rivière dont le bassin s'étend sur toutes les formations intéressées.

Sur ce système, repose en apparente discordance, un complexe d'argillites, de poudingues et de quartzites (*Système de Fouroumbala*), dont le métamorphisme est beaucoup moins intense. Ces formations affleurent le long de la basse Kotto, à l'est et au sud de Fouroumbala, et couvrent de vastes espaces entre cette rivière et la haute M'Bari. Elles sont généralement sub-horizontales; mais sont affectées par de nombreuses failles le long desquelles elles peuvent être redressées jusqu'à la verticale. Je leur rapporte sans certitude un témoin isolé qui subsiste, horizontal, près du village de Dugbia, au sud d'Alindao.

L'altération latéritique est générale dans la région que j'ai parcourue, à

l'exception de la zone occupée par le Système de Fouroumbala. Elle affecte jusqu'aux alluvions récentes qui, dans la vallée de certaines rivières importantes (Banghi), couvrent des espaces considérables.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des couches du Djebel Tenouchfi (département d'Oran).* Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Le Djebel Tenouchfi, situé à 42^{km} au Sud-est d'Oudjda et à 50^{km} au Nord-ouest de Tlemcen, près de la frontière algéro-marocaine, forme, avec le Dj. Tounzaït, le plus haut massif de la région nord-oranaise (Tenouchfi, 1843^{m}; Tounzaït, 1824^{m}).

Une première exploration géologique y a été faite, vers 1877, par Pouyanne [1], qui rapportait l'ensemble du massif au Jurassique supérieur, en même temps qu'il considérait comme *Crétacé non néocomien* le massif moins élevé de Tin Khrial, situé plus au Sud, et bordé vers l'Ouest par la falaise d'Amzillat Amzel. Depuis ce temps, cette interprétation a été celle de toutes les cartes publiées sur la région.

Au cours d'une campagne récente, j'ai pu noter que le Tounzaït est bien constitué par du Jurassique supérieur; mais le Tenouchfi m'a montré des couches d'âge très différent. Avec les Dj. Dourdaz et Medderba, il forme un horst, brusquement terminé à l'Est par la faille de l'Aïn Tagertila, s'étalant au contraire largement à l'Ouest et s'abaissant sous la plaine d'alfa de Magoura. Au Nord et au Sud, il est bordé par des jeux de grandes failles parallèles et rapprochées; celles du Nord le mettent en contact avec les grès séquaniens et les calcaires kimméridgiens, et donnent naissance aux belles sources de Sidi Djillali.

Dans le horst, on peut reconnaître la coupe suivante :

1° Calcaire noirâtre, à mauvais débris de Brachiopodes et de Lamellibranches, présentant très souvent des silex arrondis, très irréguliers; ces calcaires passent parfois à des dolomies claires très cristallines.

2° Calcaires analogues, sans silex, riches en Bélemnites, et où j'ai rencontré un fragment de moule externe de *Lioceras cf. falciferum* Sow (20^{m}).

3° Marnes grises à Ammonites pyriteuses, ayant fourni :

Lioceras cf. falciferum Sow., *Cœloceras Braunianus* d'Orb., *C. Raquinianus* d'Orb., *Hildoceras Lewisoni* Simp,, *Phylloceras* sp. (un échantillon),

(1) *Annales des Mines, Mémoires*, 2, 1877, p. 80.

Rhynchonella Bouchardi Dav. et ses variétés *Flamandi*, *calva*, *penichensis* Dubar, *Rhyn. Batalleri* Dubar, *Terebratula Jauberti* Desl. très abondante, *Harpax Parkinsoni* Bronn, *Pecten cf. barbatus* Sow., *Lima Toarcensis* Desl., *Plagiostoma cf. Hersiliæ* d'Orb. (30^m).

4° Dolomie brune (1^m,50).

5° Calcaire argileux gris feuilleté, à Posidonomies et *Hammatoceras speciosum* Janensch (25^m).

6° Dolomie blanche largement cristalline, à petits galets de quartz très abondants (150^m).

7° Poudingue à pisolithes calcaires et petits galets de quartz et de roches primaires (très peu épais, alternant avec les premiers bancs de 8°).

8° Dolomie fine, blanchâtre, alternant avec des bancs de calcaire oolithique et pisolitique, sans fossiles dans la région étudiée.

Le niveau 1 rappelle très exactement le Domérien que j'ai signalé au Sidi el Abed (¹); les couches 2, 3, 4, 5, appartiennent sûrement au Toarcien; 8 présente le faciès classique du « Bathonien dolomitique » de Flamand (²) dont j'ai pu montrer aussi la présence dans le Sidi el Abed. Le niveau 6 me paraît n'avoir jamais été reconnu dans la région; son faciès très différent de celui du Toarcien, et sa position stratigraphique, m'incitent à le considérer comme Bajocien.

La faille sud du horst met cet ensemble en contact avec une série constituée par des grès, supportant des dolomies blanches, qui passent elles-mêmes vers le haut à des calcaires lithographiques clairs, peu fossilifères, stylolitiques dans leur partie supérieure. Pouyanne, qui a bien décrit ces terrains, les considérait comme du « Crétacé non néocomien », soulignant toutefois leur ressemblance avec le Jurassique supérieur du Nord.

Au contact des grès et des calcaires, on rencontre des couches argilo-gréseuses rougeâtres, et quelques bancs de calcaire dolomitique fossilifère, c'est-à-dire des couches très analogues à celles qui séparent, plus au Nord (Tounzaït, Ras Asfour, etc.), le grès lusitanien du calcaire kimméridgien. On peut y recueillir une petite huître plissée, *Terebratula subsella* Leym., *T. bicanaliculata*, Schlo., affirmant la similitude entre ces divers gisements.

Deux faits principaux découlent de ces observations : l'absence du Crétacé dans cette région : s'il en existait, ce ne pourrait être que son

---

(¹) G. Lucas, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1219.

(²) *Recherches géologiques et géographiques sur les hauts plateaux de l'Oranie et sur le Sahara* (Lyon, 1911), p. 462 et suiv.

extrême base, représentée par le sommet de la masse calcaire kimméridgienne-portlandienne; la présence, au Dj. Tenouchfi, d'un horst, montrant, entre autres terrains, un Toarcien très différent de celui dont j'ai reconnu l'existence plus au Nord, se rapprochant au contraire de celui signalé par Flamand (*loc. cit.*) dans le Dj. Antar-Guettar, par G. Dubar et H. Termier (1) au Sud de Midelt, dans le Haut Atlas oriental, et par H. Termier (2) dans le Moyen Atlas, près de Reggou.

GÉOLOGIE. — *Sur les formations récentes du Haouz de Marrakech.* Note de M. **Jean Dresch**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Haouz de Marrakech apparaît sur les cartes géologiques comme une longue tache d'alluvions quarternaires, percés seulement vers l'Ouest par quelques pointements primaires (3). Il est peut-être possible d'essayer de préciser la succession stratigraphique et l'âge relatif de ces alluvions.

La couverture des affleurements paléozoïques est constituée, sauf aux Koudiat Moukhdene où subsiste le Jurassico-Crétacé, par l'Oligo-miocène. En effet cette formation n'apparaît pas seulement tout le long de l'Atlas depuis Imintanout jusqu'aux Djebilet orientales : il est possible de la suivre très loin, en différents points du Haouz, jusqu'à 50^{km} du bord de la montagne; elle couvre les Koudiat Moukhdene et le Massif de Guemassa, se retrouve jusqu'aux abords du Tensift au Nord de Chichaoua, et partout où des accidents ont facilité l'érosion des alluvions superficielles; elle traverse même les Djebilet, à l'Est d'El Kelaa, en bordure du Moyen Atlas. Elle présente les caractères communs de reposer toujours sur les formations atlasiques, Paléozoïque, Lias, Jurassico-Crétacé, Éocène, d'autres encore localement, parfois en discordance, mais le plus souvent en concordance, le Paléozoïque mis à part; elle est également toujours litée et presque toujours plissée. Mais elle change de faciès longitudinalement et transversalement. En bordure de l'Atlas, elle apparaît sous la forme de conglomérats de cailloux bien roulés, assez petits, noyés dans un ciment

(1) G. Dubar, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 2, 1932, p. 573; G. Dubar et H. Termier, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 890.

(2) *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 27, 1927, p. 77.

(3) Cf. L. Moret, *Carte géologique provisoire de l'Atlas de Marrakech*, Grenoble, 1930; Ed. Roch, *Cartes géologiques provisoires des Abda et des Djebilet occidentales, de la zone synclinale de Mogador et de l'Atlas occidental*, Mâcon, 1931.

rose gréseux et dur. Mais ces conglomérats, au débouché des principaux oueds dans la plaine, sont formés d'éléments plus gros, et les cailloux proviennent des massifs centraux. Latéralement, les cailloux sont moins bien roulés, proviennent des régions subatlasiques, et les bancs de grès prennent parfois une importance prépondérante. Les changements transversaux de faciès sont très aisés à suivre le long du Nfis, entre le kheneg et le massif de Guemassa. Les bancs de conglomérats deviennent de plus en plus rares, surtout vers le haut de la série qui peut approcher de 200^{m} d'épaisseur; ils se terminent en lentilles, et les cailloux sont beaucoup plus petits; ils sont noyés dans des marnes gréseuses, vertes, rubéfiées par taches, ou roses, vrais limons consolidés, lités en bancs plus sableux et en bancs durs, parfois très durs et calcifiés (région de la zaouia Chary dans le Haouz oriental).

Sur l'Oligo-Miocène reposent souvent des bancs de conglomérats très durs, grossièrement lités, noyés dans un ciment gréseux gris, le plus souvent fin. Ils sont recouverts parfois dans le Haouz oriental par des limons roses consolidés. Ces conglomérats apparaissent soit en bordure de la chaîne (pays Mzouda, Assif et Mell, Nfis), soit assez régulièrement en bancs minces de quelques mètres sur l'Oligo-Miocène gréseux du Haouz occidental et oriental, soit le long de la Tessaout, en une masse compacte d'épaisseur inconnue. On peut rapporter ces conglomérats au Pliocène, attribution toute relative comme celle de l'Oligo-Miocène, pour les raisons suivantes : ils se trouvent toujours sur l'Oligo-Miocène, le plus souvent en concordance. La discordance n'est nettement visible qu'en un pli à cœur de Lias et de basaltes traversé par l'Oued Lakhdar à l'arbre signal 714. Ils constituent une formation d'épandage qui n'a aucun rapport avec les terrasses alluviales des oueds, comme celles du Nfis qui doit être pris comme repère, ou avec les cailloutis d'épandage récents. Enfin ces conglomérats sont plissés en plusieurs points, soit en bordure de l'Atlas (pays Mzouda, kheneg de la Tessaout), soit le long des accidents visibles dans la plaine (massif de Guemassa, pli du Lakhdar).

Ajoutons que si l'importance et les changements de faciès de l'Oligo-Miocène et l'existence de conglomérats dits pliocènes paraissent difficilement discutables, des confusions restent toujours possibles : des limons encroûtés peuvent ressembler localement aux grès oligo-miocènes et, en quelques points, il est difficile de distinguer le Pliocène de cailloutis localement cimentés; de plus, les pendages des conglomérats pliocènes sont rarement évidents.

Par-dessus ces formations consolidées ont été déposées d'autres allu-

vions, terrasses alluviales de cailloux roulés pris dans un limon terreux et dont les plus importantes, le long du Nfis, ne dépassent pas 4 à 5^m d'épaisseur, ou formations d'épandage de piémont, limon et cailloutis, étalés par des oueds aux bras multiples. Ni les sondages, ni les coupures de terrain ne permettent, semble-t-il, de supposer l'existence de lacs ou de chotts importants (¹). Ces alluvions ont recouvert le substratum sur une épaisseur qui varie avec les déformations du substratum lui-même.

GÉOLOGIE. — *Sur les faciès du Crétacé inférieur de la région d'Hammam Meskoutine (Constantine).* Note de M. **Paul Deleau**, présentée par M. Charles Jacob.

Au Nord-Ouest et au Nord d'Hammam Meskoutine, les Kef Hahouner, Djebel Grar, Dj. Taya, Dj. Debar forment une chaîne calcaire discontinue alignée Ouest-Est, présentant le faciès urgonien et dont la puissance peut atteindre 1000^m.

Ces calcaires massifs ont été attribués à l'Hauterivien par M. M. Blayac (²) et Dareste de la Chavanne (³), ces auteurs y avaient recueilli des Rudistes (*Requienia ammonia*, *Ichthyosarcolithes*). L'attribution à l'Hauterivien paraissait très plausible car le Barrémien à faciès vaseux, riche en Ammonites pyriteuses (niveau du Dj. Ouach), affleure au Nord et au Sud des calcaires massifs à des distances variant entre 300 et 1000^m. Ensuite, on passe du Barrémien vaseux à l'Aptien vaseux à *Puzozia Matheroni* d'Orb., *Oppelia nisoïdes* Sar. (⁴), puis *sans aucune discontinuité* aux sédiments vaseux du Crétacé moyen et à ceux du Crétacé supérieur à *Inoceramus regularis* d'Orb. Il faut ajouter que ces massifs calcaires sont limités par des flexures qui les mettent en contact anormal avec le faciès vaseux du Sénonien, exception faite des versants nord du Kef Hahouner, du Grar et du Debar où l'on observe des surfaces de décollement entre les calcaires massifs et les marno-calcaires sus-jacents. Le long du versant nord-ouest du Kef Hahouner, sur les marno-calcaires « décollés » reposent des schistes

(¹) Cf., à ce sujet, les nombreux travaux de M. Bourcart sur le Quaternaire marocain.

(²) J. Blayac, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4ᵉ série, 8, 1908, p. 73-77; *Bull. Carte Géol. Algérie*, 2ᵉ série, 6, 1912, p. 163.

(³) *Bull. Carte Géol. Algérie*, 2ᵉ série, 5, 1910, p. 57.

(⁴) J. Blayac, *Bull. Carte Géol. Algérie*, 2ᵉ série, 6, 1912, p. 227.

bleus, des schistes gris à microbrèches, puis des marno-calcaires à *In. regularis* du Maestrichtien.

Je viens de découvrir, dans le quart supérieur des calcaires du Kef Hahouner et du Grar, une faune de *Parahoplites* et un horizon à Spatangues. La coupe schématique générale du Sénonien au Crétacé inférieur néritique peut se résumer comme suit :

1° Marno-calcaires à *In. regularis* (Maestrichtien) : 60^m.

2° Schistes à microbrèches calcaires bourrées de spicules d'éponges : 200^m.

3° Schistes gris bleu : 100^m.

4° Marno-calcaires et schistes gris à *Rhynchonella* sp : 150^m.

5° Calcaires massifs gris blanc, cristallins, et 70-125^m, horizon à Spatangues [*Epiaster restrictus* Gaut. (¹) (Albien)] : 0^m,5.

6° Calcaires massifs à intercalations marneuses : 60^m.

7° Calcaires massifs avec niveaux plus marneux à Ostracés (50^m) : — O^3 *Ostrea Couloni* Defr.; — O^2 *Alectryonia rectangularis* Roem. et *Rhynchonella* cf. *polygona* d'Orb.; — O^1 *Exogyra latissima* Lam.

O^3 a fourni, une riche faune de Bivalves : *Parahoplites Deshayesi* Leym. sp. var. *consobrinoïdes* Sinz.; *Parahoplites* cf. *consobrinus* d'Orb.; *Acanthoplites* gr. *Nolani similis* Breist. (= *Nolani* Sinz. *non* Seun.); *Cheloniceras* (*Douvilleiceras*) sp. C'est une faune bédoulienne accompagnée de *A. Nolani* qui est une forme aptienne à affinité albienne. Entre C^3 et O^2 existent des bancs à *Orbitolina* sp. Entre O^3 et O^1 s'intercalent des bancs pétris de Réquiénies.

8° Calcaires marneux bien lités : 30-50^m.

9° Calcaires massifs oolitiques, à radioles d'Oursins et coupes de Lamellibranches : 150-350^m.

10° Calcaires massifs cristallins et dolomies : 300-450^m.

Le niveau à *Epiaster restrictus* représente l'Albien (²), O^3 et peut être C^2 l'Aptien. Les niveaux inférieurs, à faciès récifal, peuvent représenter le Barrémien. La question se pose encore pour l'âge des calcaires oolitiques ou massifs et des dolomies de la base (³).

De toute façon, pendant que se déposaient les vases barrémiennes et aptiennes à Ammonites pyriteuses (70-80 pour 100 de *Phylloceras*), s'édi-

---

(¹) Détermination de M. J. Lambert.

(²) L. PERVINQUIÈRE, *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 17, n° 42, II-III, 1910, p. 40.

(³) Nous rappelons que M. L. Joleaud a découvert au Chettaba près de Constantine, du Valanginien à *Holcostephanus Sayni* et de l'Albien à *Epiaster restrictus*. Entre ces deux horizons s'intercalent des calcaires à Orbitolines et à Réquiénies. « L'on ne trouve pas de trace entre le Valanginien et l'Aptien fossilifères des marnes à Ammonites pyriteuses barrémiennes et aptiennes si remarquablement développées à quelques kilomètres à l'Est ». *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 14, 1914, p. 436-437 (fig. 1).

fiaient, à très courte distance, une ligne de récifs recouverts par les formations néritiques à *Parahoplites* bédouliens et Spatangues albiens.

La présence de *Phylloceras* n'indique pas nécessairement un faciès bathyal. D'autre part, il existe, au sud d'Hammam Meskoutine des dolomies attribuées au Crétacé inférieur par M. L. Joleaud (¹). Il semble bien que la notion d'un géosynclinal tellien pour cette région ne peut être retenue; il pouvait se réduire à la fosse de l'Oued Cherf (²). Le haut fond Kef Hahouner-Debar a subsisté jusqu'à l'Éocène inférieur puisque la mer de l'Éocène inférieur ne l'a pas dépassé au Nord.

La discordance existant entre les deux faciès et rendant invisibles les passages latéraux peut s'expliquer par l'existence d'importantes fractures qui ont amené les calcaires massifs à percer leur couverture de sédiments plus récents du Crétacé moyen et du Crétacé supérieur. Les passages latéraux ont été ainsi laminés.

GÉOLOGIE. — *La Tectonique de la Nerthe et de l'Étoile, près Marseille.* Note de M. **Georges Denizot**, présentée par M. Charles Jacob.

L'alignement anticlinal de la Nerthe et de l'Étoile a été décrit par L. Collot, E. Fournier, G. Vasseur, J. Repelin et Marcel Bertrand a situé un système de grandes nappes. De part et d'autre d'un axe triasique, il offre, au Sud, un flanc assez peu incliné, avec plis secondaires et refoulements partiels, au Nord, un flanc redressé avec renversements sur le bassin supracrétacique de l'Arc, et appelé de ce fait série renversée (³). Des précisions essentielles doivent être apportées.

1. Le flanc Nord n'est pas affecté d'un renversement systématique. Du Rove à Simiane, les bancs oscillent autour de la verticale : le renversement au-dessus du Tunnel de la Nerthe fait place, au passage de ce souterrain, à un fort pendage normal, et, de même en surface vers l'Ouest où, de moins en moins inclinés, ces bancs constituent le substratum du Crétacé des Martigues. A l'Est, le Crétacé inférieur forme muraille, avec très forts pendages, par place normaux.

La retombée de ce flanc est d'ailleurs contrariée par une faille qui ramène au jour du Crétacé moyen au sein des brèches terminant le système. Cet accident passe vers Septèmes à un anticlinal accessoire (avec écrasement local de la série renversée); puis

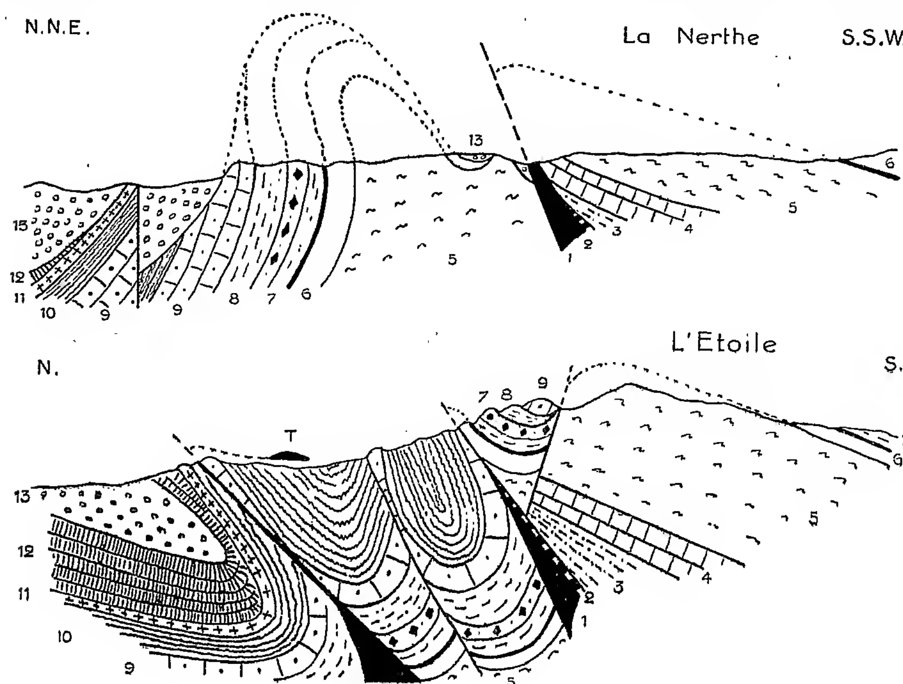
(¹) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 3ᵉ série, **14**, 1914, p. 424 (fig. 1).

(²) L. Joleaud, *ibid.*, p. 436 (c'est l'avis de M. Joleaud pour l'Albien).

(³) G. Denizot, *Ann. Musée Hist. nat. Marseille*, **26**, 1934, p. 37 et suiv.

l'anticlinal se couche au Nord : le synclinal de brèche en arrière s'effile et les deux séries se fondent en une seule, qui, de Simiane à Jean-le-Maître, reprend la disposition normale pour se compléter jusqu'au Lias.

2. La bande axiale s'accompagne d'accidents autonomes. A l'Ouest de la Nerthe, ce sont des dépressions où le Crétacé moyen paraît enfoui dans les terrains antérieurs : disposition qui a donné l'illusion de *fenêtres* dans une nappe, malgré la conformité des faciès (le Grès de la Folie, réputé substratum, existe sur la prétendue nappe vers



La Nerthe, vers le Jas de Rode, et l'Étoile, à l'est de Simiane. — 1, Trias (T, Saint-Germain); 2 à 4, Lias et Jurassique moyen; 5, Dolomies; 6, Calcaire blanc; 7, Valanginien; 8, Hauterivien; 9, Urgonien; 10, Aptien; 11, Sénonien; 12, Fuvélien; 13, Brèche. Échelle, 1/30000.

Carry). Au Rove, l'Aptien est effondré et prend contact avec le Jurassique environnant par des lames de Crétacé inférieur, plongeant de toutes parts sous cette dépression.

Au Jas de Rode, il apparaît au Nord du Trias un synclinal qui ramène en pleine colline un lambeau de brèche : ce synclinal, bien marqué aux Cadeneaux, s'écrase vers Septèmes.

3. A Simiane, le flanc nord, de l'Urgonien au Lias, est tranché net par une faille qui amène à sa place l'Aptien, dont l'affleurement élargi touche l'accident axial. Mais près de son bord au Nord, de Babol à Mimet, une lame dressée d'Urgonien interrompt la série renversée et rétablit un Aptien-Albien normal.

Au milieu de ce même Aptien surgit l'alignement dolomitique des Frères et de la

Galinière. Tantôt confondue avec l'Aptien, tantôt attribuée à l'Infralias, ou mieux au Jurassique, cette dolomie est conforme à celle qui se montre aux environs (La Galère, Siège) entre l'Hauterivien et du calcaire urgonien. Jurassique ou urgonienne, elle est dressée en crête anticlinale dans le bassin aptien.

4. Le Trias de Saint-Germain fait saillie sur l'arrêt brusque de la série anté-aptienne de Simiane pour se projeter vers l'Est : la Galerie de Gardanne à la Mer a montré que ce Trias flotte sur l'Aptien, à 400m de sa terminaison. Mais il se relie latéralement à celui, saillant verticalement, de Jean-le-Maître : d'origine profonde, il a giclé en coulisse dans la série anté-aptienne, au sein de laquelle il s'insinue par des déchirures satellites (Nord des Mérentiers).

Le Nerthe et l'Étoile dérivent donc d'un pli couché. Un grand flanc méridional, ascendant depuis le bord du Bassin de Marseille, a refoulé devant lui un mince faisceau de plis aigus, varié d'un point à l'autre et se déversant sur la bordure du bassin supracrétacique. A l'Est, ce faisceau se réduit : dès Saint-Savournin, tout se ramène au recouvrement de la bordure sur 1500m, avec interposition de couches renversées et étirées. Dans l'axe, le Trias présente ses anomalies habituelles.

GÉOLOGIE. — *L'enracinement des massifs hercyniens des environs de Toulon.* Note de M. **Georges Corroy**, présentée par M. Charles Jacob.

Il existe à l'Ouest des Maures, et à l'entrée des rades de Toulon, trois massifs hercyniens (Pradet, Lamalgue, La Seyne-Sicié) dont la position a attiré depuis 40 ans l'attention des géologues. Marcel Bertrand (1) et, surtout, P. Zurcher (2) ont montré que des contacts anormaux affectaient la bordure de ces massifs, constitués par des phyllades d'âge antécarbonifère et des lambeaux de houiller. Ces auteurs ont conclu à l'existence d'une nappe de charriage, venue de la Méditerranée et recouvrant au Nord la série permo-triasique de Toulon.

En 1924, E. Haug (3) a repris la description détaillée de ces éléments; confirmant les études de ses prédécesseurs, il a souligné l'importance de la « fenêtre de Saint Mandrier » taillée par l'érosion sous la « nappe de Sicié », les massifs hercyniens constituant des lambeaux de recouvrement plissés postérieurement à leur charriage.

---

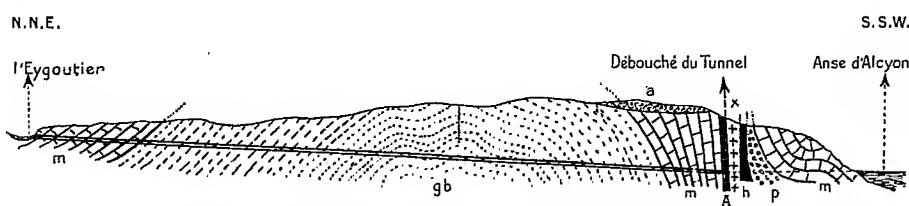
(1) *Comptes rendus*, **112**, 1891, p. 1083.

(2) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3e série, **21**, 1893, p. 65.

(3) *Mém. Carte géol. de la France*, **1**, 1925, p. 113.

Des observations récentes m'ont permis de remarquer que les massifs hercyniens paraissent, au contraire, s'enraciner *in situ* et que leurs chevauchements de bordure sur le Permotrias sont des phénomènes locaux.

1° Trois points sont particulièrement favorables à l'examen tectonique de ce que j'appellerai le *dôme du Pradet*. Au nord de la Siboine (¹) et en bordure sud de la route de Toulon à Carqueiranne, les phyllades s'enfoncent sous les calcaires triasiques avec intercalation de houiller exploité jadis par les paysans du voisinage. A l'est de la plage de Bonnette, la falaise montre les phyllades redressées à la verticale et une zone houillère mylonitique, de 3^m d'épaisseur, accolée aux bancs de grès permiens légèrement



Coupe du tunnel de l'Eygoutier à la mer, au sud-est de Toulon. — X, Phyllades; *h*, Houiller *p*, Permien; *gb*, Grès bigarré; *m*, Muschelkalk; A, zone mylonitique; *a*, débris de phyllades remaniées. Échelle, 1/4000.

renversés vers le Sud. Dans l'anse du Pin de Galle, les phyllades subverticales, puis le houiller écrasé, le Permien très laminé et le Grès bigarré, localement renversés vers le Nord-Ouest, chevauchent l'anticlinal de la Clue. En somme, périphériquement toutes les successions sont normales.

2° Les auteurs ont isolé les deux massifs du Pradet et de Lamalgue, considérés comme flottant sur leur substratum. En réalité, une lame anticlinale de phyllades, étroite et verticale, comme éclatée au milieu des sédiments du Permo-trias, et emballée souvent de Carbonifère, les réunit. On la suit très bien dans tous les promontoires qui bordent les anses de la côte entre le Pin de Galle et le Fort Sainte-Marguerite.

D'autre part, le recouvrement de *Lamalgue* serait démontré par un ouvrage d'art : le tunnel conduisant les eaux de l'Eygoutier à la mer. La superposition des phyllades à un anticlinal triasique n'y serait pas douteuse, le Trias ayant été seul rencontré en profondeur sous les schistes. Or, le tunnel en question a bien affecté uniquement le Trias; mais les phyllades, qui seraient charriées sur ce Trias, sont en réalité à l'état de débris remaniés, couvrant une faible surface (Propriétés Costebrune et

(¹) Suivre sur le Plan Directeur au 1/20000e feuille *Toulon*.

Alcyon), tandis qu'à 20^m au Sud et immédiatement après le débouché du tunnel, on observe la lame verticale de phyllades-houiller qui était demeurée jusqu'alors inaperçue (voir la figure ci-contre).

Vers l'Ouest, sur toute la rive gauche de l'Eygoutier, depuis les Amoureux jusqu'au Mourillon, le Carbonifère est bien développé; il repose toujours sur les schistes cristallins dont une digitation enracinée (très bien observée par P. Zurcher), chevauche au Nord-Est l'anticlinal permo-triasique des Ameniers; un copeau de houiller et de Permien s'intercale entre les phyllades et la série chevauchée.

3° Le massif de *la Seyne* est, au delà de la rade, la prolongation de celui de Lamalgue. Au Fort Balaguier, on voit les phyllades redressées à la verticale contre le Muschelkalk; une brèche tectonique les sépare. Dans toute la bande de calcaire triasique en contact avec les schistes, de Balaguier à la Maurelle, plusieurs exploitations sont arrêtées sur un plan vertical ou subvertical qui correspond au passage de l'accident. Au Nord, les phyllades s'ennoyent sous la dépression permienne de Brégaillon : un sondage, effectué près de la gare de la Seyne, les a recoupées à 317^m, *sous le Permien*, toutefois sans intercalation de houiller.

Au Sud, les phyllades de la Seyne sont en continuité avec celles du Cap Sicié, sans aucun accident ni contact anormal visible. Vers l'extrémité méridionale de la presqu'île, on note seulement un chevauchement à 45° des phyllades, dû à une poussée vers le Nord-Est sur le permo-trias de Faubrégas.

En résumé, *les massifs hercyniens de la côte toulonnaise sont enracinés*. Ils apparaissent sous la forme de dômes ou de lames plus ou moins élargies crevant le manteau des sédiments permotriasiques, qu'ils chevauchent parfois localement. Dès lors, la presqu'île de Saint-Mandrier ne paraît pas correspondre à une fenêtre.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Généralisation de l'action auxogène de la vitamine* B_1 *sur un microorganisme*. Note [1] de M. **William-Henri Schopfer**, présentée par M. Marin Molliard.

En observant qu'un échantillon de vitamine B_1 cristallisée exerce sur *Phycomyces blakesleeanus* et quelques autres Mucorinées une action très

[1] Séance du 27 mai 1935.

nette, la première hypothèse qui vient à l'esprit est qu'une impureté doit être jointe aux cristaux; c'est à celle-ci que l'on serait tenté d'attribuer l'effet sans lequel le champignon ne se développe pas dans les conditions de culture utilisées. La quantité très faible de vitamine qui suffit à déclencher la croissance ($0^{\gamma},0004$ par centimètre cube de milieu) incite à penser que l'impureté en question devrait agir à dose extrêmement faible.

Les premiers essais ont été effectués avec la préparation pure de Windaus. En répétant les expériences avec les divers échantillons de vitamine B_1 pure connus (sous forme de chlorhydrate), fournis par leurs auteurs [Windaus ([1]), Jansen ([2]), R. R. Williams ([3]), Peters ([4])], nous constatons une identité singulière dans le mode d'action des quatre préparations et dans la forme de la courbe obtenue.

Mesurée à l'aide du test animal, l'activité de ces produits cristallisés varie entre 1,6 et $2,4^{\gamma}$ par jour et par rat.

Les diverses expériences sont conduites avec un milieu et dans des conditions de culture aussi rigoureusement semblables et constants que possible. Avec les quatre préparations, les doses limites inférieures de développement (formation d'un voile), celles qui correspondent à un début d'émersion de sporangiophores et celles qui conditionnent le développement maximum de la culture sont voisines. On ne peut s'attendre à ce que les courbes se superposent exactement.

La forme de la courbe et le fait qu'à partir d'une certaine dose de vitamine une adjonction supplémentaire ne produit plus aucun effet, suggèrent l'idée qu'un facteur limitant est en jeu (probablement la concentration en sucre).

Les courbes obtenues correspondent à une teneur en glucose de 10 pour 100, en présence de 1 pour 1000 d'asparagine et des sels minéraux indispensables. La figure indique les doses de vitamine B_1 pour 25^{cm^3} de milieu.

Si l'on veut invoquer l'action d'une impureté, il faut admettre qu'elle se

---

([1]) A. Windaus, R. Tschesche, H. Ruhkopf, F. Laqueur, F. Schultz, *Nachr. v. d. Gesell. Wiss. Göttingen, math. phys. Kl.*, 1931, p. 207.

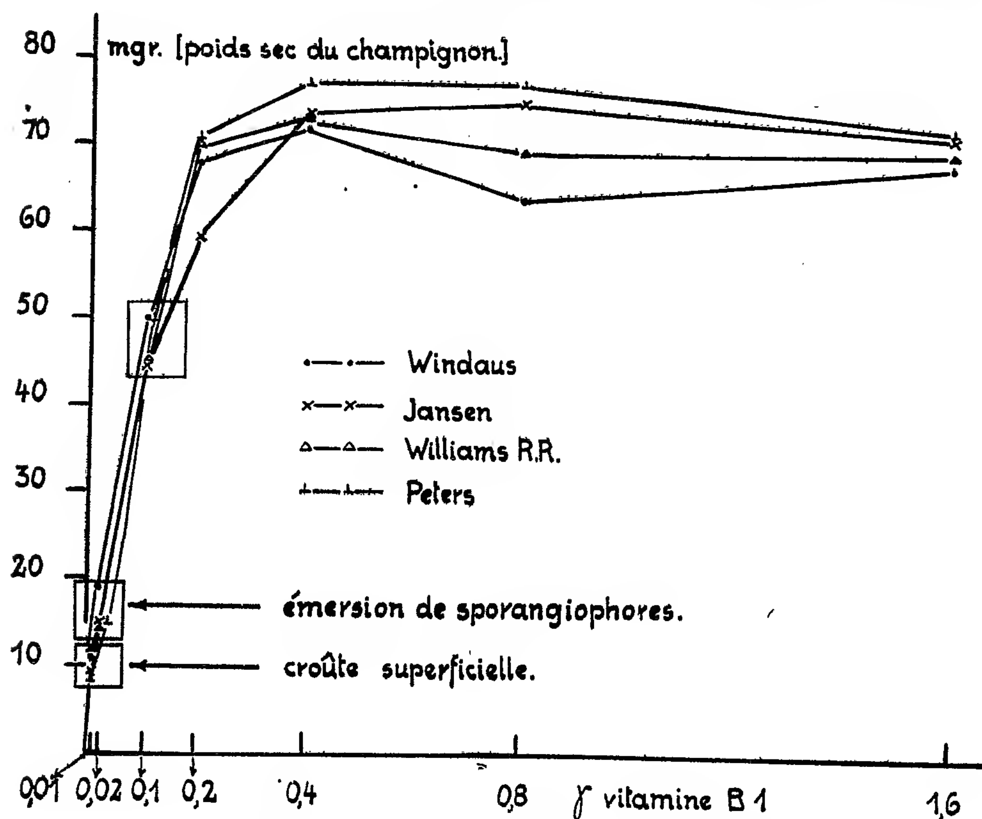
([2]) B. C. P. Jansen et W. F. Donath, *Mededeel. v. d. Dienst d. Volksgezond. Ned. Indie*, 16, 1927, p. 186.

([3]) R. R. Williams, R. E. Watermann et J. C. Keresztesy, *J. of Amer. Chem. Soc.*, 56, 1933, p. 1187.

([4]) H. Wulff, H. W. Kinnersley, J. Richard, O'Brien et R. A. Peters, *Biochem. Journ.*, 29, 1935, p. 701; H. W. Kinnersley et R. A. Peters, *Biochem. Journ.*, 22, 1928, p. 419.

retrouve identique dans les produits obtenus par des expérimentateurs et des méthodes différents, à partir de matériaux dissemblables. Cette hypothèse est difficile à justifier.

On pourrait, comme cela a déjà été fait, songer à une action du bios. Nous ignorons si la biotine de Kögl (1935) exerce une action sur *Phyco-*



Action de quatre préparations de vitamine B_1 sur *Phycomyces*.

myces. Par contre nous pouvons affirmer que l'inositol (bios I) et l'acide panthoténique de R. J. Williams, correspondant probablement au bios II, sont, dans les conditions de culture où la vitamine B_1 se montre très active, sans effet sur *Phycomyces;* en expérimentant parallèlement avec la levure (*Saccharomyces cerevisiæ*), on constate une action très intense de ces deux substances sur la multiplication cellulaire de la levure.

Nous sommes donc amené à considérer pour l'instant qu'il s'agit d'une intervention particulière de la vitamine B_1, indispensable au microorganisme pour effectuer la synthèse de ses propres facteurs de croissance.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution des milieux de culture dans la croissance du* Sterigmatocystis nigra *en fonction de l'âge du mycélium.* Note de MM. **Robert Bonnet** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Marin Molliard.

Les actions diastasiques, susceptibles d'être réalisées par le *Sterigm. nigra* à partir d'une source carbonée, ont été décrites par beaucoup de chercheurs, qui ont signalé la formation d'acide citrique, d'acide oxalique, d'acide gluconique, etc. Aux yeux de la majorité des auteurs, la présence de ces corps traduit un trouble de la croissance et ils en provoquent l'apparition en déséquilibrant les milieux de culture. Nous nous sommes demandé si ces acides n'étaient pas intimement liés à la croissance et s'ils n'apparaissaient pas obligatoirement au cours du développement normal du *Sterigm. nigra*. Nous avons donc cherché la présence des acides citrique et oxalique dans différents modes de culture et en avons suivi l'évolution.

Cultures sur glucose à 3 *pour* 100 *et liquide de Czapek.*

+ NO^3K (0,106N).			+ $SO^4(NH^4)^2$ (0,106N).			
Poids des micéliums secs.	Acide citrique.	Acide oxalique.	Poids des micéliums secs.	Acide citrique.	Acide oxalique.	Durée.
g 0,0165	mg 356	mg 0	g 0,040	mg 120	mg 0	22 h.
0,2674	225	0	0,7785	259	0	42
0,2923	225	30	0,5539	213	0	46
0,352	243	36	0,7655	273	0	47
0,6274	149	186	0,839	140	0	90
0,4968	72	173	0,7488	144	0	114
0,2954	47	184	0,6922	172	0	8 j.
0,2294	162	257	0,668	349	0	26
0,1975	274	250	0,540	1012	0	37

Nous voyons de suite la différence qui sépare le comportement de la moisissure placée sur nitrate ou sur sel d'ammonium : dans ce dernier cas il n'y a jamais formation d'acide oxalique; alors que sur nitrate, cet acide, inexistant au début du développement apparaît au bout de deux jours, puis s'accumule dans le milieu de culture. Ce fait est à rapprocher de la constatation que le *Sterigmatocystis nigra* ne se développe pas sur acide oxalique. Nous considérons donc ce corps comme un déchet inutilisable. L'évolution de l'acide citrique peut sembler paradoxale : on trouve cet acide en relativement grosse quantité dès le début de la germination (356^{mg} pour un

mycélium de 16^{mg}), puis il diminue, passe par un minimum, enfin réapparaît en quantité importante. Ces faits, en réalité sont d'interprétation simple : il y a formation diastasique d'acide citrique aux dépens des spores germées; puis utilisation, ce qui montre le caractère alimentaire de l'acide citrique, caractère confirmé par la culture directe; enfin accumulation au moment où se manifeste l'autolyse des mycéliums. Nous avons retrouvé ce phénomène expérimentalement : un mycélium lavé et placé sur eau distillée l'enrichit en acide citrique.

Ces résultats sont à rapprocher des variations du rendement énergétique brut en fonction de l'âge. On peut en effet distinguer quatre moments suivant l'évolution du mycélium et des résidus :

1° Pour des cultures bien formées mais jeunes, le R. E. est de 0,57 sur NO^3K, de 0,58 sur $SO^4(NH^4)^2$; il n'y a dans aucun cas d'acide oxalique, il y a formation d'acide citrique, il reste du glucose;

2° Les mycéliums augmentent, le glucose tend à disparaître, l'acide citrique est relativement constant; étant donné la chaleur de combustion des trois corps (4,8 pour le mycélium, 3,75 pour le glucose, 2,5 pour l'acide citrique), on s'explique la baisse du rendement;

3° Les mycéliums maintiennent leur poids, l'acide citrique diminue, les résidus sont presque négligeables, d'où nouvelle baisse du R. E.;

4° Les mycéliums s'autolysent, l'acide citrique augmente (4^{cal},8 contre 2^{cal},5) et le R. E. devient encore plus petit, mais la chute est plus amortie.

Pour les périodes 2, 3 et 4 la formation croissante d'acide oxalique amplifie la chute de R. E. sur cultures nitratées. La formation d'acide oxalique, qui libère du CO^2, et la faible chaleur de combustion de cet acide expliquent que son apparition fasse immédiatement baisser le R. E. Il nous semble donc légitime de dire que pour des cultures de même état physiologique, le R. E. sera conditionné en grande partie par la présence ou l'absence d'acide oxalique. Voici quelques exemples à l'appui de cette hypothèse :

Nature du milieu.	État physiologique.	Acide oxalique.	R. E.
Peptone	jeune	44,3	0,43-0,41
»	vieille	173	0,13
Acide gluconique	jeune	0	0,54-0,55
Acide citrique + $SO^4(NH^4)^2$	jeune	0	0,52
»	vieille	0	0,51
Acide citrique + NO^3K	jeune	0	0,54
»	vieille	143	0,30

Nous ignorons le rôle spécifique des nitrates dans la formation de l'acide oxalique, mais la présence de ce corps, déchet inutilisable, est dû à un épiphénomène qui n'intéresse pas la croissance.

L'acide citrique, decelé dans tous les modes de culture, constitue un terme indispensable du métabolisme du glucose en même temps qu'un aliment efficace.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La nutrition azotée de la fleur.* Note de M. **Raoul Combes**, présentée par M. Marin Molliard.

L'étude qu'a entreprise Walter Schumacher [1] des variations quantitatives et qualitatives que subissent les substances azotées de la corolle depuis le début de l'épanouissement des pétales jusqu'à leur mort lui a permis de mettre en évidence les premiers faits précis que nous possédions sur la nutrition azotée de la fleur. Il m'a paru utile de reprendre l'examen de cette question en faisant porter les recherches sur l'ensemble du développement de la corolle, et en les étendant aux autres parties de la fleur : calice, androcée et gynécée.

Je résumerai ici les résultats obtenus dans l'étude de la fleur du *Lilium croceum*. Les stades étudiés ont été les mêmes que ceux auxquels ont été effectuées les déterminations de matières minérales dans une étude précédente [2]. Chaque série de dosages a porté sur dix fleurs, les calices, les corolles, les androcées et les gynécées étant analysés séparément. Les substances azotées solubles ont été isolées des protéides par l'action à froid de l'acide trichloracétique au 1/10e, en employant la technique qui m'a servi dans des recherches antérieures. Les courbes ci-après expriment les résultats obtenus en milligrammes d'azote contenus à chaque stade dans les dix parties de fleurs analysées; ces courbes indiquent donc les variations réelles subies par les deux formes de substances azotées dans chaque partie de la fleur au cours de son développement. Les temps sont exprimés en nombres de jours écoulés depuis le premier stade étudié (très jeune bouton de 2^{cm},5 de longueur); l'épanouissement des fleurs a eu lieu entre le 10e et le 13e jour.

(1) Walter Schumacher, *Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, 75, 1931, p. 581.

(2) Raoul Combes, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 578.

L'examen de ces courbes permet de faire les constatations suivantes :

Dans le calice pétaloïde et dans la corolle du Lis, dès l'épanouissement (entre le 10ᵉ et le 13ᵉ jour), à un stade où ces organes sont encore en croissance active (la substance végétale sèche constituant les sépales et les pétales continue à croître jusqu'au 13ᵉ jour), la protéogénèse intense qui s'était maintenue jusqu'alors cesse brusquement et fait place à une protéolyse rapide en même temps que la migration des matériaux azotés change de sens (*fig.* 1); dix périanthes ayant élaboré en 10 jours, pendant que

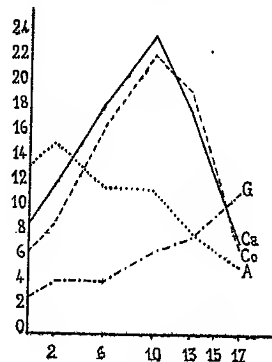


Fig. 1.

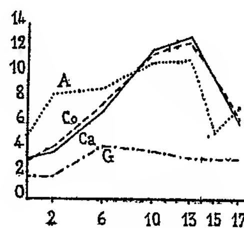


Fig. 2.

Fig. 1 — Courbes de variations des substances protéiques. Ca calice, Co corolle, A androcée, G gynécée.

Fig. 2. — Courbes de variation des substances azotées solubles.

finissaient de croître les boutons floraux, une quantité de protéides correspondant à $30^{mg},66$ d'azote, hydrolysent et évacuent après l'épanouissement, en 7 jours, une quantité de ces substances représentant $32^{mg},06$ d'azote. En 7 jours le périanthe se vide de 61,92 pour 100 des substances azotées qu'il contenait au moment de l'épanouissement. Les phénomènes sont à peu près les mêmes dans le calice pétaloïde et dans la corolle.

Chez les étamines la protéolyse et le départ des substances azotées qui en résultent débutent plus tôt encore que dans le périanthe; ils sont déjà commencés dans le jeune bouton en voie de pigmentation. Par contre le gynécée continue à s'enrichir en azote après que les pièces extérieures de la fleur sont flétries.

L'azote qui abandonne le périanthe et l'androcée semble passer pour la plus grande part dans la tige feuillée car pendant que, dans dix fleurs, $50^{mg},82$ d'azote sortent de ces organes les gynécées n'en reçoivent que $4^{mg},34$.

Au moment où commence la protéolyse dans le périanthe et l'androcée, le phénomène est immédiatement assez intense pour qu'une légère accumulation de substances azotées solubles se produise dans les tissus (voir *fig.* 2, du 10ᵉ au 13ᵉ jour pour le calice et la corolle, du 2ᵉ au 13ᵉ jour pour l'androcée); mais le mouvement d'émigration devient bientôt assez rapide pour éliminer ces corps aussi vite et même plus vite qu'il ne se forment.

Ce qui frappe surtout dans le métabolisme des substances azotées de la fleur, en particulier chez les organes pétaloïdes, et ce qui le distingue de celui de la feuille, c'est la vitesse avec laquelle se produisent tous les phénomènes; approvisionnement des tissus en azote, synthèse des protéides, changement de sens du métabolisme azoté, protéolyse et émigration de l'azote soluble. La rapidité de protéolyse dans la corolle a été constatée par W. Schumacher, mais la rapidité de la protéogénèse qui précède, la brusquerie du passage de la protéogénèse à la protéolyse ne sont pas moins remarquables.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Rosacées. Développement de l'embryon chez le* Potentilla reptans *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les lois du développement de l'embryon du *Geum urbanum* L., établies en 1922 [1], ont permis de définir un type embryonnaire bien distinct qui n'a pu jusqu'ici être identifié à aucun autre. Ce type se trouve essentiellement caractérisé : 1° par la constitution d'une épiphyse tirant origne d'une cellule petite-fille de la cellule apicale du proembryon bicellulaire; 2° par la construction de la partie hypocotylée aux dépens de la cellule intermédiaire de la tétrade, c'est-à-dire aux dépens de la cellule-fille supérieure de la cellule basale du même proembryon bicellulaire; 3° par la différenciation d'une hypophyse, comparable à celle des Crucifères par son mode d'individualisation et ses processus de segmentation, mais dérivant de la cellule inférieure, et non de la cellule intermédiaire, de la tétrade. Ces mêmes caractères se retrouvent-ils chez d'autres Rosacées et le type embryonnaire du *Geum urbanum* peut-il être considéré comme représentatif, sinon de la famille tout entière, du moins de la sous-famille des Potentillées? Car les

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1070 et 1197; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 645-660.

Rosacées, comme on sait, comportent un certain nombre de tribus, très dissemblables, offrant des affinités diverses, et chez lesquelles il faut s'attendre, par conséquent, à rencontrer des divergences dans les règles qui président au développement de l'embryon. L'étude du *Potentilla reptans* L. a permis de déceler des formes embryonnaires qui entrent dans les cadres des lois du *Geum urbanum* d'une manière si parfaite que, du seul point de vue embryogénique, les deux plantes ne représenteraient qu'une seule et même espèce.

Ainsi, dans les deux cas, les deux cellules supérieures juxtaposées de la tétrade (*fig.* 2) se divisent, l'une par une paroi transversale (*fig.* 4, 6), l'autre par une paroi

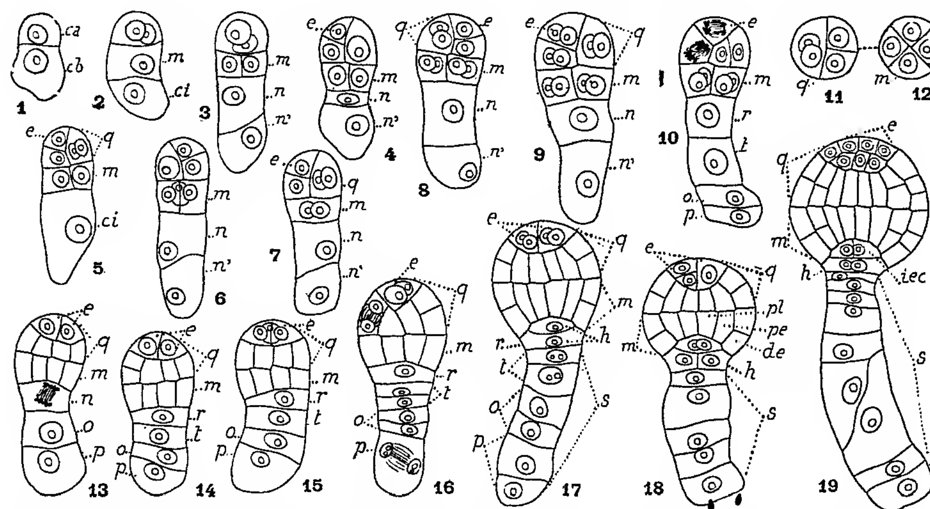


Fig. 1 à 19. — *Potentilla reptans* L. — Les principales étapes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou partie hypocotylée; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *q*, quadrants ou partie cotylée; *e*, épiphyse; *r* et *t*, cellules-filles de *n*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *h*, hypophyse? *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. En 11 et 12, coupes transversales montrant la disposition des quadrants *q*, et celle des quatre cellules circumaxiales issues de *m*. G = 340.

longitudinale (*fig.* 7, 8) et donnent quatre quadrants nettement disposés en tétraèdre; celui de ces quatre quadrants qui occupe le sommet se convertit en une épiphyse évidente (*e*); les trois autres, placés au-dessous, engendrent la partie cotylée proprement dite, c'est-à-dire cette région du corps d'où tirent origine les cotylédons et les initiales du cylindre central de la tige. La cellule intermédiaire de la tétrade (*m*, *fig.* 2), par deux cloisons verticales cruciales, donne quatre cellules circumaxiales (*fig.* 3 à 10), aux dépens desquelles, par de nouvelles parois verticales, s'individualisent les premiers éléments des trois histogènes (*fig.* 13 à 18); des cloisons transversales succèdent bientôt à ces parois verticales (*fig.* 17 à 19) et tout le massif cellulaire produit ainsi

par la cellule primitive, *m*, donne naissance à la partie hypocotylée. Enfin, la cellule inférieure (*ci*, *fig.* 2) engendre un suspenseur *sensu lato*, qui se montre composé d'un nombre variable d'éléments généralement superposés et aplatis; la cellule-fille supérieure de *ci* (*n*, *fig.* 3 à 9) se sépare en deux éléments *r* et *t* (*fig.* 13 à 15); la cellule *r*, en règle très générale, devient l'hypophyse; parfois elle est remplacée dans ces fonctions par sa cellule-fille supérieure. A cet égard, il est difficile d'arriver à des résultats précis, en raison des caractères cytologiques peu dissemblables qu'offrent les cellules dans la partie supérieure du suspenseur et du nombre peu constant des éléments qui se constituent dans cette région. Seules des analogies caryologiques, assez discutables d'ailleurs, ont permis d'établir la filiation indiquée dans la figure 17.

Somme toute, les règles du développement de l'embryon du *Potentilla reptans*, déterminant tous les rapports de la cellule embryonnaire primordiale avec les régions fondamentales du corps, reproduisent exactement celles qui ont été établies au sujet du *Geum urbanum*. Elles définissent un type embryonnaire qui peut être incontestablement considéré comme représentatif des Potentillées. D'autres recherches montreront si les autres tribus des Rosacées offrent entre elles des différences plus ou moins profondes, et si ces variations peuvent aider à reconnaître des liens de parenté avec d'autres groupements de Dicotylédones. Pour le moment, comme je l'ai déjà signalé en 1923, c'est à l'embryon des Composées que celui des Rosacées-Potentillées peut être le plus étroitement comparé.

BOTANIQUE. — *Germination des graines et plantes-hôtes de l'Orobanche de la Fève* (Orobanche speciosa *DC.*). Note (1) de M. **Charles Chabrolin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'influence des racines de différentes espèces de Phanérogames sur la germination des graines de l'Orobanche de la Fève (*Orobanche speciosa* = *Orobanche crenata*) a été déterminée par des cultures en pot, dans du sable, suivant la technique indiquée antérieurement (2). Des essais en pot, dans du terreau et des cultures en pleine terre, avec apport de graines d'Orobanche, ont permis de confirmer expérimentalement la nature des plantes-hôtes de cette espèce d'Orobanche dont les graines avaient été récoltées sur des plantes parasites de la Fève.

Les racines d'un grand nombre de Phanérogames, appartenant à des

(1) Séance du 27 mai 1935.
(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2275.

familles très diverses (Légumineuses, Composées, Ombellifères, Linées, Géraniacées, Scrofularinées, Tropéolées, Primulacées, Borraginées, Convolvulacées, Cannabinées, Valérianées, Liliacées) provoquent la germination des graines de l'*Orobanche speciosa*. Leur action se fait sentir à des distances variables suivant les espèces. Elle est de 8^{mm} au maximum dans les essais effectués. Dans cette zone d'influence, le pourcentage des graines qui germent varie entre 1 et 100 pour 100 et présente tous les degrés intermédiaires entre ces deux extrêmes.

Les plantes sur lesquelles l'Orobanche se développe sont également nombreuses et appartiennent à des familles très dissemblables : Légumineuses, Composées, Ombellifères, Géraniacées, Tropéolées et Convolvulacées. La vitesse de croissance de l'Orobanche varie suivant la plante excitante et l'on peut observer un échelonnement de 2 mois dans l'époque de la floraison du parasite. Les différences portent aussi sur le nombre de tiges d'Orobanche que nourrit un même pied de l'hôte et sur les dimensions de ces Orobanches qui sont parfois minuscules et ne donnent que quelques fleurs. Il existe même des plantes sur lesquelles l'Orobanche reste à l'état de tubercules souterrains de quelques millimètres de diamètre.

Parmi les essais effectués avec 75 espèces de Phanérogames, on peut retenir les exemples typiques suivants :

Les racines de Fève (*Vicia Faba* L.) font germer toutes les graines de l'Orobanche dans un rayon de 5^{mm}. Sur cet hôte poussent de très nombreux pieds d'Orobanche à développement rapide.

Les racines du *Trifolium Alexandrinum* ont la même action que celles de la Fève. Sur cette espèce, les Orobanches se développent en nombre beaucoup plus faible et fleurissent avec un retard de près de 2 mois.

Les racines de l'*Astragalus bœticus* L. font germer toutes les graines dans un rayon de 8^{mm}. Leur action est donc plus étendue que celle des racines de Fève. Dans le sable, de nombreuses Orobanches parasitent les racines de l'Astragale, mais leur croissance est très lente. Dans le terreau et en pleine terre, aucun pied d'Orobanche n'apparaît hors du sol. Le Lin (*Linum usitatissimum* L.) se comporte de la même manière. La zone d'influence de ses racines est limitée à 5^{mm} ; dans le sable et dans le terreau, elles portent de minuscules tubercules d'Orobanches dont aucun ne produit de pousse aérienne.

Au voisinage immédiat des racines de l'*Hedysarum coronarium* L. les graines de l'*Orobanche speciosa* germent en proportion très faible. Pourtant, dans les cultures sur terreau, en pot, cette espèce nourrit de nombreux

pieds du parasite, à floraison tardive. En pleine terre, le développement de l'Orobanche n'a été ni obtenu ni observé sur cette Légumineuse.

Enfin, les racines de l'*Euphorbia helioscopia* L. ne font pas germer les graines de l' *Orobanche speciosa*. Elles se laissent pourtant parasiter par des plantules que le hasard a fait naître à leur voisinage et, tout comme les racines de Lin, elles portent alors des tubercules qui ne parviennent pas à donner des pousses aériennes.

En confirmant les recherches antérieures (*loc. cit.*), ces essais permettent de conclure que la germination des graines de l'*Orobanche speciosa* sous l'influence des racines de nombreuses Phanérogames est un phénomène indépendant des phénomènes ultérieurs qui règlent les relations entre le parasite et ses hôtes divers. Il existe notamment des espèces, telles que l'*Astragalus bœticus* et le *Linum usitatissimum*, qui font germer les graines de l'*Orobanche speciosa* de la Fève et qui n'assurent qu'un développement ultérieur très lent et très limité du parasite. Ces espèces constituent des plantes pièges qui permettent d'envisager la lutte contre les Orobanches sous un angle nouveau.

Ces essais suggèrent enfin l'existence, dans l'espèce *Orobanche speciosa*, de races physiologiques susceptibles d'être différenciées par l'action, sur la germination de leurs graines, des racines de diverses Phanérogames. Ce point donnera lieu à de nouvelles recherches basées sur l'emploi de lignées pures du parasite et de lignées pures d'hôtes appropriés.

AGRONOMIE. — *Influence du froid sur la conservation et la productivité de la Pomme de terre.* Note de M. **Émile Miège**, présentée par M. Julien Costantin.

Les cultures en montagne ont déjà montré l'action qu'exerce l'altitude sur les rendements et la rusticité de la Pomme de terre. En voulant interpréter ces résultats, comme ceux que nous avons nous-même obtenus, nous avons été amené à les imputer, partiellement au moins, aux basses températures observées dans les zones élevées et, par suite, à rechercher l'influence du froid artificiel. D'autre part, les énormes difficultés que présente la conservation des tubercules sous le climat humide et chaud de l'Afrique du Nord (quels que soient les procédés employés et les précautions prises), nous ont également engagé dans cette voie.

Des lots semblables de tubercules de diverses variétés de Pommes de

terre (Esterlingen, Bintje, Industrie, Fluke, Maréchal Pétain), ont été étendus, les uns dans une caisse remplie de sable desséché et stérilisé au four à 200° et placée dans une pièce fraîche, à la lumière diffuse, les autres sur les étagères de deux frigidaires maintenus à + 4° et + 5°C, le tout du 2 juillet au 12 décembre 1934, date de la plantation; puis du 15 décembre 1934 au 18 mai 1935, date de la seconde plantation. Un troisième lot a été conservé, durant la première période d'été, dans du sable, en cave à Ifrane, à 1650m d'altitude.

Première conservation et résultats culturaux. — En sable et à Rabat, les tubercules se sont altérés (10 à 25 pour 100), en particulier ceux de Maréchal Pétain; il a fallu, en outre, procéder à trois dégermages successifs, lorsque les pousses atteignaient 15 à 20 et 25cm de longueur; au moment de la plantation, les semences restées saines étaient ridées et en partie desséchées.

En cave, à Ifrane, la conservation a été meilleure, on n'a dû procéder qu'à un seul égermage, en novembre; les tubercules étaient plus fermes, moins ratatinés et la proportion des avariés ne dépassait pas 10 pour 100, selon les variétés [1].

Enfin les pommes de terre demeurées au frigidaire étaient absolument intactes, sans la moindre altération, avec des germes courts et vigoureux.

Vingt tubercules uniformes de chaque lot ont été plantés comparativement, à Rabat, le 15 décembre 1934 et récoltés le 15 avril. Nous extrayons des résultats de cette culture ceux qui concernent seulement le mode de conservation.

TABLEAU I. — *Rendement moyen par pied.*
(Lieu de culture antérieure : Rabat.)

Lieu et mode de conservation (1934).	Variétés.					
	Eesterling.	Bintje.	Fluke (1er lot).	Fluke (2e lot).	Maréchal Pétain.	Industrie.
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Rabat (Cave).........	0,105	0,195	0,327	0,247	0,138	0,529
Rabat (Frigidaire)....	0,525	0,635	0,525	0,470	0,273	0,780
Ifrane (Cave).........	0,283	0,335	0,452	0,227	0,213	0,320

[1] Moyennes mensuelles des températures extrêmes, à l'extérieur :

	Juillet.	Août.	Sept.	Octobre.	Nov.	Déc.
Rabat (maxima)............	25,8	26,6	25,9	25,9	19,6	19,7
» (minima)............	17,9	16	15,7	14,2	10,9	9,3
Ifrane (maxima)............	30,5	29,9	25,6	20,4	9	13
» (minima)............	12,4	10	8,3	4,5	0,6	−2,2

Ainsi tous les pieds provenant du frigidaire ont donné, sans exception, des rendements beaucoup plus élevés que ceux conservés, dans les meilleures conditions, sur la côte, et même en montagne, ceux-ci venant au second rang, mais avec une productivité moyenne toutefois bien plus faibles

Deuxième conservation. — Dans le sable, où nous avons noté les moyenne. de températures extrêmes suivantes :

TABLEAU II.

	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.
Maxima	12°,8	12°,6	16°,8	19°,1
Minima........	9°,8	8°,9	12°,5	12°,9

Les tubercules originaires de Rabat on produit des germes longs (12^cm^-15^cm^) effilés et décolorés (qu'il a fallu détruire à diverses reprises) et ont subi, de ce fait, un ramollissement plus ou moins accentué; d'autres ont donné naissance à de nouveaux tubercules et trois échantillons ont pourri, dans la proportion de 75 pour 100 pour la Fluke numéro 1, de 80 pour 100 pour la Bintje et de 90 pour 100 pour l'Esterlingen.

Ceux provenant de culture ou de conservation en montagne se sont maintenus en bon état mais, malgré les précautions prises et la saison favorable, la plupart étaient ridés, brunis, en partie épuisés et avaient perdu de 10 à 40 pour 100 de leur poids initial.

Par contre, en frigidaire, à température constante de + 4° et à l'obscurité de l'appareil, la conservation a été en tous points parfaite; les tubercules avaient gardé leur couleur, leur aspect et leur fermeté; leurs germes étaient courts (1^{cm} à $1^{cm},5$) trapus, colorés, et garnis de brèves et fortes radicelles, le poids initial n'était pour ainsi dire pas modifié (5 pour 100 environ).

Devant la netteté de ces résultats, un essai en chambre froide et portant sur plusieurs quintaux a été tenté aux entrepôts frigorifiques de Casablanca.

En résumé, le froid (maintenu à + 4 ou 5°C pendant plusieurs mois) a exercé, sur les tubercules de toutes les variétés de pommes de terre examinées, une action particulièrement favorable, qui s'est traduite par un accroissement général et considérable de leur productivité (dépassant parfois 100 pour 100) et par une conservation parfaite, qu'il a été impossible d'obtenir par d'autres procédés, et même en montagne, malgré l'avantage réel fourni par l'altitude.

PHYSIOLOGIE. — *Peut-on, dans une ration équilibrée, substituer aux glycérides les acides gras qui leur correspondent ?* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons précédemment établi que l'utilisation des lipides (spécialement ceux de l'huile d'olive), par l'organisme du Pigeon, nécessite la présence dans la ration de quantités appropriées de vitamines B. Cette démonstration a été faite au moyen d'un régime LP, privé de glucides, mais comportant la présence de protéides, de sels minéraux, d'aliments de lest et de vitamines en proportions satisfaisantes, pour que la ration soit en définitive convenablement équilibrée, assurant une longue survie et un bon entretien des animaux ([1]). Alors que les huiles d'arachide, de lin, de palme, de foie de morue, le saindoux, les beurres de coco et de cacao peuvent entrer jusqu'à 50 pour 100 dans de telles rations sans inconvénient, l'huile de ricin agit dans les mêmes conditions comme substance de déséquilibre, rendant inopérante l'action complémentaire de fortes doses de vitamines B, ajoutées sous forme de levure de bière. Dans ce dernier cas cependant, un équilibre assez strict de la ration peut être obtenu au moyen du régime P59, avec les mêmes constituants, mais en ramenant la proportion d'huile à 22 pour 100 ([2]).

Ces faits étant connus, on pouvait se demander ce qu'il adviendrait si l'on substituait aux glycérides apportés par les lipides naturels de la ration les acides gras correspondants, et encore si le glycérol peut jouer le rôle de facteur essentiel, en compensant dans une certaine mesure l'absence de glucides du régime.

Pour nous en rendre compte, nous avons utilisé six lots de douze pigeons adultes, de 350^g environ, auxquels nous avons administré par gavage, à raison de 15^g par jour, dose énergétiquement suffisante, l'un des six régimes ci-après :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Peptone de muscle	25	25	59	59	59	59
Acides gras de l'huile d'olive	50	45	22	20	–	–
Acides gras de l'huile de ricin	–	–	–	–	22	20
Glycérol	–	5	–	2	–	2
Graisse de beurre	4	4	4	4	4	4
Mélange salin d'Osborne et Mendel	6	6	5	5	5	5
Agar-agar	10	10	8	8	8	8
Papier filtre	2	2	2	2	2	2
Paraffine	3	3	0	0	0	0

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 827.

([2]) R. Lecoq et J. Savare, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1693; 198, 1934, p. 1540.

Les régimes I et II dérivent du régime LP équilibré à 50 pour 100 d'huile; les lipides naturels s'y trouvent remplacés, soit par les acides gras correspondants, soit par une association des mêmes acides gras et de glycérol (1/10e environ). Les régimes III, IV, V, VI dérivent de la même manière du régime équilibré à 22 pour 100 d'huile de ricin, les acides gras des huiles d'olive et de ricin y étant employés concurremment.

Chacun des lots précédents fut subdivisé en trois séries de quatre animaux, lesquels reçurent des doses quotidiennes échelonnées de vitamines B, représentées par 0g, 0g,75 et 3g de levure de bière desséchée.

Une dose de 0g,75 de levure suffit normalement à compléter le régime LP, à 50 pour 100 d'huile d'olive, et le régime P 59, à 22 pour 100 d'huile de ricin. Il n'en fut pas de même avec les régimes ci-dessus mentionnés, les survies observées atteignant seulement 60 à 100 jours dans les meilleurs cas. En effet, la mort des sujets survenait, aussi bien en présence qu'en l'absence de levure de bière, à la suite de crises polynévritiques typiques. Voici d'ailleurs le détail des moyennes de ces survies, exprimées en jours :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Régimes sans levure............	17-30	30- 50	17-30	30- 50	4-12	4-12
Régimes avec 0g,75 de levure....	17-30	40- 80	17-40	40- 80	4-12	4-12
Régimes avec 3g de levure.......	20-35	60-100	20-35	60-100	4-12	4-12

Interprétation des résultats et conclusions. — 1° Il n'est pas possible de substituer aux glycérides d'un régime convenablement équilibré les acides gras correspondants sans déséquilibrer ce régime, provoquant chez les Pigeons qui le reçoivent l'apparition de crises polynévritiques suivies de mort, malgré l'addition, sous forme de levure de bière, de doses élevées de vitamines B.

2° Les acides gras de l'huile de ricin, substance de déséquilibre, ne se trouvent nullement modifiés dans leur action par adjonction de 10 pour 100 de glycérol.

3° Au contraire, l'addition de glycérol aux acides gras de l'huile d'olive permet d'atténuer très sensiblement le déséquilibre de la ration et assure, en présence de levure de bière, des survies beaucoup plus prolongées des animaux. Toutefois, le déséquilibre subsiste quelle que soit la proportion d'acides gras mise en œuvre.

4° Il semble que la juxtaposition des acides gras et du glycérol dans une ration ne puisse remplacer la présence de ces mêmes corps en combinaison intime sous la forme de glycérides.

5° Il n'est pas impossible qu'une substance essentielle soit entraînée au cours de l'extraction par saponification des acides gras employés.

PHYSIOLOGIE. — *L'effet de l'adrénaline sur le métabolisme du muscle isolé.* Note de MM. **David Nachmansohn**, **Jacob Wajzer** et Mlle **Ruth Lippmann**, présentée par M. Louis Lapicque.

De nombreux travaux ont montré que l'adrénaline augmente le travail du muscle fatigué; elle ne modifie pas celui du muscle non fatigué. Cet accroissement se produit chez les animaux à sang chaud aussi bien que chez les animaux à sang froid. On pouvait donc prévoir une influence de l'adrénaline sur les processus fournissant l'énergie musculaire. Les expériences entreprises dans le but de mettre en évidence cette influence, n'ont cependant donné aucun résultat affirmatif jusque tout récemment.

Cori et Hegnauer [1] viennent de démontrer qu'en anaérobiose le taux d'acide lactique dans le muscle de grenouille est augmenté, lorsque le muscle se trouve dans une solution contenant de l'adrénaline. Mais ces expériences ne concernent que la formation d'acide lactique; les autres réactions fournissant l'énergie, particulièrement la décomposition du phosphagène, n'ont pas été étudiées. Elles laissent donc en suspens la question de savoir si l'influence de l'adrénaline consiste en une excitation non spécifique, accélérant tous ces processus, ou bien dans une action spécifique sur le métabolisme, n'accélérant que la formation d'acide lactique.

Nous avons examiné cette question par la méthode de F. Lippmann et O. Meyerhof [2] à l'aide de l'appareil de O. Warburg. Cette méthode consiste à mesurer l'absorption ou le dégagement d'acide carbonique à partir du bicarbonate, suivant la réaction qui prédomine : ou la décomposition du phosphagène, libérant des valences basiques, ou la formation d'acide lactique, chassant l'acide carbonique. Cette méthode permet d'observer la plus légère influence sur les processus énergétiques à partir du moment même où l'on ajoute l'adrénaline et de la suivre pendant un certain temps. Il est nécessaire de contrôler par voie chimique les réactions qui sont à la base des échanges de gaz.

Des couturiers de grenouille ont été placés dans une solution de Ringer bicarbonatée et phosphatée. Les expériences ont été effectuées en anaérobiose (5 pour 100 CO^2/N^2), le pH étant de 7,2.

Aussitôt que l'addition d'adrénaline a été effectuée, la courbe d'acide

---

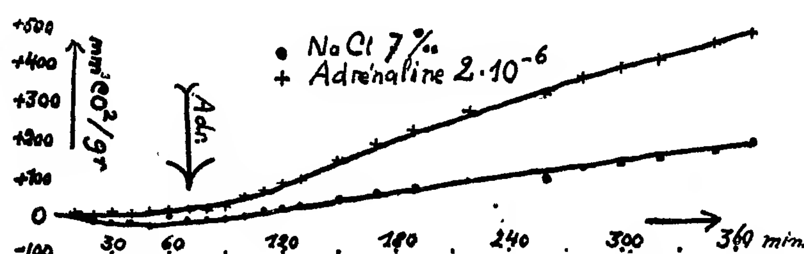
(1) *Journ. of Biol. Chem.*, **105**, 1934, p. 691.

(2) *Biochemische Zeitschrift*, **227**, 1930, p. 84.

carbonique monte, ce qui est dû à une diminution de l'absorption ou à un accroissement du dégagement. Cette action se poursuit pendant plusieurs heures.

Les dosages chimiques montrent que la variation des échanges de gaz correspond uniquement à un accroissement de la formation d'acide lactique. La décomposition de phosphagène n'est pas changée au début par l'action de l'adrénaline. Dans un stade ultérieur, on trouve même plus de phosphagène dans le muscle soumis à l'action de l'adrénaline que dans le muscle témoin, c'est-à-dire que la resynthèse du phosphagène est donc accélérée.

Parmi un grand nombre d'expériences nous reproduisons, à titre d'exemple, une courbe montrant l'influence de l'adrénaline sur les échanges de gaz. D'autre part, voici les chiffres de trois essais montrant l'accéléra-



tion de la formation d'acide lactique et de la resynthèse du phosphagène.

Acide lactique (mg/g de muscle)		Phosphagène (P^2O^5 mg/g de muscle)	
NaCl.	Adrénaline.	NaCl.	Adrénaline.
0,95	1,24	0,33	0,73
0,89	1,22	0,51	0,63
1,34	1,65	0,31	0,45

De nos expériences, nous tirons la conclusion suivante : l'hormone de la surrénale exerce une influence directe et spécifique sur le métabolisme énergétique de la cellule musculaire, consistant en une accélération de la formation d'acide lactique. Le phosphagène n'est d'abord pas touché; ce n'est qu'après la décomposition d'une grande partie du phosphagène que la resynthèse est accélérée grâce à l'énergie fournie par l'augmentation de la formation d'acide lactique. De ce fait, on peut expliquer, pourquoi l'augmentation du travail par l'adrénaline ne se produit que sur le muscle fatigué.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'inversion sexuelle expérimentale de l'ébauche testiculaire, chez l'embryon du poulet.* Note de Mme **Véra Dantchakoff**, présentée par M. M. Caullery.

Tout embryon de poulet réalise invariablement le sexe femelle *à la suite de l'introduction dans son organisme de l'hormone femelle progynon* (préparation obtenue synthétiquement dans les laboratoires de Kahlbaum et Schering et mise à ma disposition par le professeur Schöller).

L'injection de l'hormone, sous forme de solution huileuse, a été faite dans le sac allantoïdien d'embryons de 4 jours d'incubation, à un stade où leurs gonades, à peine ébauchées, ne sont pas encore sexuellement orientées et où seul le déterminisme héréditaire génétique, sous la forme de garnitures chromosomiques spéciales, distingue les ébauches des deux sexes.

La présence de la petite goutte d'huile dans le sac allantoïdien ne s'est pas montrée nocive pour l'embryon. Celui-ci continuait à se développer d'une manière régulière.

L'action de l'hormone femelle *progynon* est *spécifique*. Dans l'ensemble coordonné des ébauches formant l'entité embryonnaire, cette hormone va se fixer dans un endroit spécial et provoquer dans les *gonades* des processus formatifs à caractères *spéciaux*, (il reste à voir si cette action se fait par une voie directe ou indirecte).

Dans le développement normal de l'embryon, son orientation sexuelle est déterminée par la constitution génétique dominante de ses tissus et de sa lignée germinale en particulier. Cependant une plasticité des tissus somatiques et une bivalence sexuelle des cellules germinales a été mise en évidence occasionnellement par nombre d'auteurs et dans différentes classes d'animaux. *Dans un embryon traité au progynon*, c'est l'hormone femelle introduite qui commande, c'est elle qui déclenche des processus morphogénétiques spéciaux dans les gonades et qui détermine les mouvements des myriades d'éléments cellulaires, leurs agencements réciproques et leurs transformations individuelles.

Dans une gonade femelle, l'apparition précoce de l'hormone femelle ne change guère d'une manière essentielle les processus formatifs. Elle leur donne un coup de fouet et les différenciations histogénétiques sont réalisées avec plus de vigueur et plus de rapidité.

Il en est tout autrement pour *les gonades mâles*. Ici, la substance introduite provoque des processus morphogénétiques qui n'auraient pas été

réalisés dans le développement typique. La constitution génétique chromosomique mâle des cellules germinales et des tissus somatiques se montre impuissante à résister aux stimuli énergiques issus de la petite goutte introduite dans le sac allantoïdien. Il se produit un arrêt subit des corrélations tissulaires, caractéristiques du sexe mâle. Des réactions antagonistes de la constitution génétique dominante sexuelle de l'embryon et caractéristiques du sexe femelle sont mises en train.

Parmi les 36 *embryons traités au progynon*, la moitié environ devait posséder le déterminisme sexuel mâle. Néanmoins leurs *gonades gauches* furent *toutes transformées en ovaires et les oviductes en de gros cordons*. L'hormone introduite a inhibé le mécanisme sexuel génétique mâle et a déclenché une action analogue à celle du mécanisme sexuel génétique femelle. L'action de l'hormone femelle sur les ébauches gonadiques mâles aboutit à la réalisation des structures microscopiques normales de l'ovaire. Elle ne diffère même pas dans ses effets sur les ébauches droites. Car la *curieuse asymétrie des gonades femelles est réalisée dans les embryons mâles traités au progynon*. Leurs ébauches testiculaires droites restent rudimentaires et subissent une transformation analogue à celle des ébauches gonadiques droites de l'embryon femelle.

L'*inversion sexuelle* de l'ébauche testiculaire est *fonction de l'hormone femelle* introduite. Ce produit chimique, relativement simple, agit sur un embryon mâle, où le mécanisme des processus morphogénétiques est naturellement orienté dans un sens inverse, mais n'est pas encore mis en train. Les résultats obtenus révèlent une *plasticité et une polyvalence remarquables* des ébauches embryonnaires mâles, le *dynamisme formidable* du groupement moléculaire de la substance introduite et nous fait, en même temps, pénétrer un peu plus profondément dans l'*énigme du gène*. Nous ne connaissons dans son activité que les deux points « initial et terminal ». Autrement dit, la présence du gène a été démontrée dans la substance du chromosome et la réalisation des caractères dans l'organisme a été rapportée à cette présence. Dans l'*hormone femelle*, nous avons la substance provoquant chez un jeune embryon de poulet, un complexe de processus morphogénétiques qui sont réalisés, dans un embryon normal, en corrélation avec son déterminisme sexuel dominant (symbolisé par l'équilibre entre chromosomes sexuels et autosomes). Cette substance, obtenue synthétiquement, chimiquement identique à l'hormone d'un *Mammifère femelle adulte,* à tissus *homochromosomiques*, agit ici, dans un *embryon mâle* d'*Oiseau*, *à tissus homochromosomiques*, d'une manière très analogue à celle que l'on constate,

dans des conditions naturelles, pour les tissus *hétérochromosomiques* de l'*embryon* du *poulet* du sexe *femelle*.

Remarque de M. **Caullery** *à propos de la Communication précédente.*

Le résultat annoncé par Mme Vera Dantchakoff, dont les travaux sur l'embryogénie du poulet font depuis longtemps autorité, résultat dont l'importance n'échappera à personne, repose sur un fait statistique. La probabilité pour que, dans les conditions naturelles, sur trente-six embryons de poulet, il ne se trouve aucun mâle, est extrêmement faible (2^{-36}). Il est donc infiniment probable qu'un certain nombre des femelles trouvées ici sont des mâles inversés sous l'influence du progynon, introduit dans l'allantoïde au quatrième jour de l'incubation. Tout donne à penser que des confirmations de l'effet expérimental annoncé par Mme Dantchakoff seront prochainement formulées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur l'isomérisation d'hétérosides cyanogénétiques.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Traité par une solution diluée d'alcali, l'amygdaloside, hétéroside de l'acide phénylglycolique gauche, donne une substance plus soluble, l'isoamygdaloside correspondant à l'acide phénylglycolique racémique [(1), (2)]. De même l'amygdonitrileglucoside, hétéroside de l'acide phénylglycolique gauche, est isomérisé par la baryte diluée en prulaurasoside correspondant à l'acide phénylglycolique racémique (3).

Nous avons examiné de plus près ces deux réactions.

1° *Amygdaloside.* — Nous avons constaté que des solutions d'amygdaloside abandonnées dans des flacons à la température ordinaire voient leur pouvoir rotatoire augmenter. Cette augmentation est accélérée par une élévation de température. Plus le verre des flacons est alcalin, plus l'augmentation est rapide.

Pour préciser ces résultats, nous avons préparé des solutions-tampons

(1) Dakin, *J. Chem. Soc. of London*, 85, 1904, p. 1512.

(2) Hérissey, *Journ. Pharm. et Chim.*, 26, 1907, p. 198.

(3) Caldwell et Courtault, *J. Chem. Soc. of London*, 91, 1907, p. 673.

de pH déterminés (PO^4HNa^2 et PO^4H^2K). Nous avons obtenu les résultats suivants en additionnant 10^{cm^3} de chaque solution de $0^g,20$ d'amygdaloside et en les chauffant en tubes scellés au bain-marie bouillant pendant des temps variables :

pH.	4,6.	5.	5,5.	6.	6,5.	7.	7,5.	8.	8,6
Amygdaloside (Initial $\alpha = -1°,29'$).									
Après 1/2 heure.	−1°.31′	−1°.33′	−1°.37′	−1°.49′	−2°. ′	−2°. 2′	−2°. 2′	−2°. 4′	−2°. 5′
» 1 »	−1.34	−1.37	−1.44	−1.54	−2. 2	−2. 3	−2. 3	−2. 2	−2. 7
» 1 »	−1.39	−1.40	−1.48	−1.59	−2. 4	−2. 6	−2. 8	−2.12	−2.13
Amydonitrileglucoside (Initial $\alpha = -53'$).									
Après 1/2 heure.	−1. 1	−1. 9	−1.12	−1.30	−1.48	−1.47	−1.48	−1.46	−1.47

A une même température, l'isomérisation dépend du pH et du temps de chauffe. Elle augmente avec le pH : à pH = 4,6, elle est commencée en 1/2 heure à 100°; à pH = 7, elle est de 66 pour 100; à pH = 8,6, elle est de 80 pour 100. Elle augmente également avec la durée de chauffe : en 1/2 heure à pH = 6 à 100°, elle est de 45 pour 100; en 1 heure, elle est de 55 pour 100 et en 2 heures de 65 pour 100.

Une élévation de température augmente la vitesse d'isomérisation. Nous avons placé à des températures déterminées des solutions d'amygdaloside de pH = 7,4 : à 70°, l'isomérisation est totale en 1 jour; à 34°, il faut environ 8 mois; à 19-20°, 75 pour 100 sont transformés en 1 an; à 0° la réaction est encore plus lente.

Le pouvoir rotatoire initial de nos solutions ($\alpha = -1°29'$) correspond à un pouvoir rotatoire spécifique de l'amygdaloside $[\alpha_D]^{20} = -40°4$. Le pouvoir rotatoire de ces deux solutions après isomérisation $\alpha \# -2°13'$ correspond à un pouvoir rotatoire spécifique $\alpha_D \# -60°$. Or, le pouvoir rotatoire de l'isoamygdaloside est $[\alpha_D] = -52°6$. Le pouvoir rotatoire observé en est donc différent; d'après Krieble [1], il correspondrait au *d*-amygdaloside, mais nous faisons toutes réserves sur ce point. La vitesse d'isomérisation ne présente aucun palier correspondant à l'isoamygdaloside : celui-ci ne serait qu'un mélange de $d + l$ amygdaloside; il est facile d'en séparer le *l*-amygdaloside par cristallisation dans l'alcool à 95°.

Pour préparer l'isoamygdaloside, M. H. Hérissey (*loc. cit*). laisse pendant

---

(1) *Journ. Amer. Chem, Soc.*, 34, 1912, p. 716.

12 heures à 25° une solution d'amygdaloside dans la baryte N/200. Si on laisse plus longtemps l'amygdaloside au contact de l'alcali, le stade isoamygdaloside est dépassé et celui-ci est transformé.

Dans les manipulations effectuées sur l'amygdaloside, tout agent susceptible d'amener le pH au-dessus de 7 peut provoquer une isomérisation rapide. En particulier, l'addition de CO^3Ca destiné à neutraliser l'acidité et à éviter tout risque d'hydrolyse de l'hétéroside, élève le pH vers 8,8. Or, dans ces conditions, une demi-heure de chauffage à 100° suffit pour isomériser entièrement l'amygdaloside.

2. *Amygdonitrileglucoside*. — Nous avons effectué des expériences semblables sur l'amygdonitrileglucoside. Nos résultats, consignés dans le tableau précédent, montrent que l'amygdonitrileglucoside est plus facile à isomériser que l'amygdaloside.

Le pH et la température sont ici encore les deux facteurs qui influent sur la vitesse d'isomérisation. A pH = 4,6, l'isomérisation est de 16 pour 100 en une demi-heure à 100°; à pH = 6,5, elle est totale pendant ce même temps.

Le pouvoir rotatoire initial de nos solutions ($\alpha = -53'$) correspond à un pouvoir rotatoire spécifique de l'amygdonitrileglucoside $[\alpha_D] = -26°$. Le pouvoir rotatoire final ($\alpha = -1°48'$) correspond au pouvoir rotatoire spécifique du prulaurasoside $[\alpha_D] = -52°5$. L'isomérisation s'arrête à ce stade : le prulaurasoside est très stable.

L'amygdonitrileglucoside a été découvert plusieurs fois dans les végétaux. Au cours de son extraction, il a certainement subi un début d'isomérisation. On n'obtient cependant par cristallisation dans l'ester acétique que l'amygdonitrileglucoside, le prulaurasoside étant beaucoup plus soluble et restant dans les eaux mères.

L'addition de CO^3Ca à l'alcool qui sert à épuiser les organes d'une plante favorise beaucoup l'isomérisation. C'est ainsi que M. H. Hérissey [1] signale la présence possible du prulaurasoside à côté de l'amygdonitrileglucoside extrait des feuilles de *Photinia serrulata* Lindl. Le prulaurasoside observé dans ce cas peut résulter de l'isomérisation de l'amygdonitrileglucoside au cours de la préparation.

Nous examinerons s'il en est de même pour les autres végétaux où l'on a signalé le prulaurasoside.

---

(1) *Journ. Pharm. et Chim.*, 5, 1912, p. 574.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Études chimiques sur le bacille diphtérique. Extraction fractionnée des lipides du bacille; séparation de la fraction haptène; présence de savon dans les corps bacillaires.* Note de M. **Michel-A. Macheboeuf** et **Henry Cassagne**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons appliqué au bacille diphtérique la méthode d'épuisements fractionnés, à froid et dans le vide, que l'un de nous a mise au point pour l'étude du bacille tuberculeux [(1), (2)]. Les bacilles furent cultivés sur bouillon peptoné, glucosé (1 pour 1000) et maltosé (3 pour 1000), à pH 8,2. Après 12 jours de culture à 38°, les bacilles furent séparés, lavés vivants avec de l'eau distillée, puis épuisés à l'abri de l'air et à froid par une série de solvants : 1° acétone; 2° éther; 3° alcool méthylique. Les quelques lipides non extraits par ces épuisements, le furent ensuite par l'alcool éthylique bouillant, puis par le benzène chaud.

Chacune des solutions obtenues fut évaporée dans le vide, les résidus furent desséchés, puis repris par l'éther anhydre pour éliminer les substances non lipidiques. Les fractions lipidiques furent analysées et soumises à l'essai sérologique de leur activité haptène.

	Poids en gr. par kilog. de bacilles secs.	Phosphore pour 100.	Activité haptène vis-à-vis de sérum de tuberculeux.
Fraction I extraite par l'acétone	85g	0,06	0
Fraction II extraite par l'éther	5	0,17	
Fraction III extraite par l'alcool méthylique	33	1,7	+++++
Fraction IV extraite par l'alcool chaud	3	0,23	
Fraction V extraite par le benzène	1	0	
Substances lipoïdiques totales	127		

Ces résultats diffèrent beaucoup de ceux obtenus (1) par la même technique pour le bacille tuberculeux qui donne par kilogramme de bacilles secs (souche bovine), 266g de substances lipoïdiques totales, dont 172g de fraction I et 22g de fraction II.

(1) M. A. Macheboeuf, J. Dieryck et R. Stoop, *Annales Institut Pasteur*, 54, 1935, p. 71.
(2) M. A. Macheboeuf et N. Fethke, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 16, 1934, p. 229.

On sait déjà (¹) que des extraits alcooliques non purifiés de bacilles diphtériques sont capables de fixer l'alexine en présence de sérums contenant des anticorps tuberculeux (pouvoir haptène non spécifique); nous avons constaté que les substances qui possèdent cette activité haptène se rassemblent à peu près quantitativement dans une seule de nos fractions : la fraction III. Machebœuf et Dieryck (*loc. cit.*) ont déjà constaté le même fait pour les haptènes lipoïdiques du bacille tuberculeux; bien plus, si l'on fractionne notre fraction III au moyen d'acétone, on constate pour le bacille diphtérique comme pour le tuberculeux que l'activité haptène est liée uniquement aux fractions riches en phosphore et très peu solubles dans l'acétone. Les haptènes du bacille diphtérique qui réagissent en présence d'anticorps tuberculeux ont donc de si nombreux caractères physico-chimiques communs avec les haptènes lipoïdiques du bacille tuberculeux que l'on peut penser qu'il s'agit de substances très voisines ou même peut-être d'une seule et même substance. Un fait curieux s'est révélé à nous : notre fraction lipoïdique haptène des bacilles diphtériques qui réagit avec une grande intensité vis-à-vis des sérums de tuberculeux, ne réagit pas bien nettement avec les immuns-sérums que nous avons préparés en injectant aux lapins des bacilles diphtériques morts ou vivants lavés. Il est donc possible que ces lipides ne soient pas dans les bacilles diphtériques à l'état de complexes antigéniques très actifs comme ils le sont dans les bacilles tuberculeux; ils y sont peut-être à l'état libre d'haptènes incapables de provoquer l'apparition d'anticorps. Dans le bacille tuberculeux, au contraire, ils seraient liés à des protéides pour former un véritable antigène très actif. Ce ne serait donc qu'une coïncidence chimique qui ferait que dans les bacilles diphtériques existe une substance analogue à celle qui, dans les bacilles tuberculeux, est l'haptène lipoïdique de fixation.

Un autre fait intéressant nous est apparu : la partie de l'extrait méthylique qui est insoluble dans l'éther anhydre, mais soluble dans l'eau, contient en abondance un savon alcalin que nous avons reconnu être du palmitate de sodium. La teneur en ce savon est telle que nous avons pu en extraire 6^g d'acide palmitique purifié pour 1^{kg} de matière sèche de bacilles. Ce savon n'est pas produit au cours de nos essais par une saponification, il préexiste dans les bacilles. En effet, après avoir vérifié que le milieu de culture ne contenait pas de trace décelable de savon, nous avons opéré sur

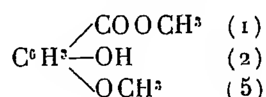
(¹) A. Boquet et L. Negre, *Annales Institut Pasteur*, 35, 1921, p. 300.

des bacilles vivants, frais et non lavés que nous avons fait tomber dans de l'acétone bouillant ou de l'alcool bouillant, pour les tuer en arrêtant instantanément toute action diastasique. Dans les solutions ainsi obtenues, le palmitate de sodium était présent en abondance.

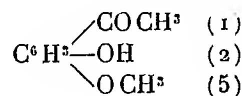
A côté du palmitate, la partie insoluble dans l'éther de l'extrait méthylique contient d'autres substances qui, en milieu acide, passent dans l'éther avec l'acide palmitique; ces substances ne sont pas des acides gras simples provenant d'autres savons, elles sont amorphes, et nous avons pu les séparer de l'acide palmitique par cristallisations fractionnées de cet acide dans de l'alcool légèrement hydraté (80°).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de la 2-oxy-5-méthoxyacétophénone dans l'essence de rhizomes de* Primula acaulis *Jacq*. Note de MM. **Albert Goris** et **Henri Canal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons signalé (¹) la présence, dans l'essence des rhizomes de *Pr. acaulis* Jacq., d'un corps de nature cétonique, que nous n'avions pu identifier faute de matériaux suffisants. Il accompagne l'ester méthylique de l'acide méthoxyhydroquinone carbonique



De nouvelles recherches, qui ont porté sur des rhizomes et des radicelles récoltés avant la floraison, nous ont permis d'isoler ce composé cétonique, et de l'identifier avec la *2-oxy-5-méthoxyacétophénone*



Les rhizomes et radicelles débarrassés par lavages de la terre qui les souille sont, après broyage et macération de 12 heures dans l'eau, soumis à un entraînement par la vapeur d'eau.

Les eaux distillées donnent, après épuisement par l'éther et départ du solvant, une essence odorante, jaune pâle, neutre, fluide, incristallisable,

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1675.

soluble dans les solvants organiques. Cette essence renferme la cétone, ainsi que l'ester méthylique de l'acide méthoxyhydroquinone-carbonique, provenant du dédoublement de l'hétéroside, le primulavéroside.

La cétone a été extraite de ce mélange par formation d'une semicarbazone : l'essence dissoute dans l'alcool méthylique pur exempt d'acétone, additionnée d'une solution concentrée d'acétate de semicarbazide dans le même dissolvant, donne, après 24 heures, la semicarbazone cristallisée. Elle est assez difficilement soluble dans l'alcool méthylique bouillant et donne par refroidissement de la solution méthylique des cristaux incolores fondant à 252°.

L'analyse de la semicarbazone conduit à la formule $C^{10}H^{13}O^{3}N^{3}$ permettant d'attribuer à la cétone la formule $C^{9}H^{10}O^{3}$.

Analyse. — C %, 53,55; H %, 6,07; N %, 18,55; OCH^{3} %, 14,45. Calculé pour $C^{10}H^{13}O^{3}N^{3}$: C %, 53,81; H %, 5,82; N %, 18,83; OCH^{3} %, 13,90.

La cétone a été régénérée en chauffant la semicarbazone pendant une heure au bain-marie bouillant avec de l'acide chlorhydrique concentré. La solution chlorhydrique refroidie, épuisée avec de l'éther, fournit après évaporation de la solution éthérée, la cétone sous forme solide, mais non cristallisée.

Après recristallisation dans l'éther de pétrole léger, elle se présente sous forme de paillettes et d'aiguilles odorantes légèrement colorées en jaune vert. Par refroidissement très lent d'une solution aqueuse bouillante elle se sépare en fines aiguilles anhydres jaune vert atteignant plusieurs centimètres de longueur et fondant à 49°. Elle présente en lumière de Wood une fluorescence jaune vert très brillante. La solution aqueuse de la cétone se colore en bleu intense avec $Cl^{6}Fe^{2}$ dilué.

L'insolubilité de cette cétone dans les carbonates alcalins, sa solubilité dans les alcalis caustiques, indiquent la présence d'une seule fonction phénolique libre [1]. L'analyse démontrant la présence d'un seul groupement méthoxylé, la cétone isolée dans l'essence de rhizomes du *Pr. Acaulis* ne peut être qu'une *oxy-méthoxyacétophénone*.

Analyse. — C %, 64,89; H %, 6,81; OCH^{3} %, 18,45. Calculé pour $C^{9}H^{10}O^{3}$: C %, 65,06; H %, 6,02; OCH^{3} %, 18,67.

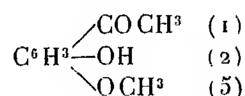
La déméthoxylation de cette cétone par action ménagée de l'acide iodhy-

---

[1] Faute de matière, nous n'avons pu encore obtenir des esters dans un état de pureté suffisant pour en entreprendre l'examen.

drique au bain-marie bouillant pendant 4 heures conduit à la 2,5-*dioxy-acétophénone,* fondant à 202°, soluble dans les alcalis carbonatés et se colorant en bleu avec Cl^6Fe^2 dilué.

La cétone fondant à 49°, isolée de l'essence de rhizomes de *Pr. acaulis* Jacq., est donc la 2 *oxy-5-méthoxy-acétophénone*



Elle existe dans l'essence mélangée à l'ester méthylique de l'acide méthoxyhydroquinone carbonique, provenant de l'hydrolyse de l'hétéroside déjà signalé, le Primulavéroside.

Nous poursuivons nos essais en vue de déterminer si ce composé cétonique existe dans les rhizomes, à l'état libre, ou s'il provient de l'hydrolyse fermentaire d'un nouvel hétéroside.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Les variations spontanées de la courbe glycémique du diabétique.* Note de MM. **Francis Rathery**, **Louis Roy** et **Michel Conte**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Le taux glycémique durant une journée est loin d'être constamment identique chez le diabétique. Il subit des fluctuations parfois très importantes qu'il est utile de connaître, car elles permettent d'expliquer les différences d'action de l'insuline suivant les heures de la journée et la production de phénomènes dits d'intolérance insulinique. Un certain nombre d'auteurs ont étudié ces modifications de la courbe glycémique en rapport avec les repas et l'injection d'insuline; mais le problème garde, de ce fait, toute sa complexité, étant donné les multiples facteurs qui peuvent intervenir. Il importe d'étudier le phénomène dans toute sa pureté, et seul l'examen du sang chez le diabétique, durant un jeûne atteignant ou dépassant 24 heures, permet d'apporter à ce sujet des conclusions fermes.

Hatlehol avait insisté sur ce qu'il a appelé la montée paradoxale nocturne de la glycémie et a fait intervenir l'état de veille ou de sommeil, mais il ne pratiquait pas de dosage de sucre sanguin après 8h du soir.

Véra multiplie, au contraire, les dosages, en se servant de microméthodes, et retrouve la baisse de la glycémie durant la journée et la remontée nocturne ; tout en ne constatant qu'inconstamment le phénomène,

il a tendance à décrire un véritable rythme glycémique chez les diabétiques graves.

Nous avons repris la question en faisant de multiples dosages, non plus sur du sang pris au lobule de l'oreille et en utilisant les microméthodes, méthodes assez imprécises, du fait surtout de cette récolte d'un sang très impur, mais en prélevant le sang dans la veine et en nous servant de la méthode de dosage de A. Baudouin.

Nous avons étudié successivement des individus normaux, des diabétiques simples et des diabétiques consomptifs graves auxquels nous avons supprimé les injections d'insuline pendant la période d'examen. Le sang était prélevé à 8^h du matin après 12 heures de jeûne, puis à midi, à 16^h, à 23^h et à 8^h le lendemain matin.

Sujet normal. — Le tracé glycémique des 24 heures ne présente jamais une horizontale absolue; il existe des accidents d'amplitude variable suivant les cas; ces accidents sont représentés surtout, d'une part, par une baisse dans l'après-midi et par une montée le soir; mais ils sont loin d'être constamment suivant ce type.

Diabétiques simples. — *a.* Chez tous les malades, sauf un, la courbe glycémique a présenté des oscillations très nettes se chiffrant par des différences souvent notables pouvant dépasser 0,80.

b. On ne peut décrire un type de tracé commun à tous les malades; chaque sujet a son tracé glycémique qui lui est propre.

c. On peut cependant noter que, chez tous, il existe une baisse de la glycémie, du matin 8^h, au soir 23^h; le plus souvent la glycémie maxima est le matin à 8^h et la glycémie minima à 15^h ou 16^h, souvent la baisse existe déjà, mais moins intense à midi; parfois cependant, c'est à midi qu'est la montée maxima.

d. A 23^h, la glycémie est déjà remontée sans atteindre le plus souvent le taux de 8^h du matin, mais parfois cependant la baisse maxima se produit à ce moment.

e. Le deuxième jour de l'examen, après 36 heures de jeûne, à 8^h du matin, la glycémie est souvent, mais non constamment, plus élevée que la veille à 23^h; il s'est donc bien produit, dans ces cas, une montée paradoxale comme l'admettait Hatlehol.

f. Chez deux sujets, nous avons refait l'expérience à plusieurs jours d'intervalle. Chez ces deux sujets, les courbes ont présenté des types différents de la première fois.

Diabétiques consomptifs. — Les oscillations de la courbe glycémique sont tout particulièrement marquées, mais, ici encore, elles sont tout individuelles. Ce qui paraît constant, c'est une tendance à la baisse, suivie d'une remontée; cette baisse a le plus souvent son maximum vers 15^h et la remontée commence de suite pour être nette à 23^h; mais il n'en est pas toujours ainsi; la baisse peut être à son maximum à 23^h et la remontée se produire pendant la nuit et être manifeste le lendemain matin.

La montée paradoxale de la nuit n'a existé que chez deux de nos malades sur trois, elle n'est donc pas constante dans le diabète grave.

Conclusions. — La courbe de la glycémie subit, dans les 24 heures, d'importantes oscillations chez les diabétiques; ces oscillations sont spontanées et se produisent en dehors de tout facteur extérieur (alimentation, sommeil, exercice, etc.). Elles ne se produisent pas suivant un type uniforme; la courbe glycémique diffère non seulement d'un diabétique à un autre, mais elle se modifie chez un même malade. Ces faits témoignent de l'existence de modifications à très court terme, dans le métabolisme glucidique, chez le diabétique; elles sont importantes à connaître pour l'administration correcte de l'insuline; malheureusement, elles sont individuelles et n'obéissent à aucune règle fixe.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Existence en France d'une anaplasmose bovine d'origine indigène.* Note de MM. **Jean Cuillé**, **Chelle** et **Berlureau**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Durant l'hiver 1934-1935, dans un troupeau bovin de races hollandaise et schwitz, les jeunes, âgés de 1 à 2 ans, sont frappés par une affection qui provoque leur amaigrissement et se termine parfois par la mort. Quatre malades nous sont adressés aux fins de diagnostic.

L'examen clinique montre une infestation parasitaire importante (strongles, douve); un traitement approprié amène la disparition des parasites sans améliorer l'état général.

Les malades sont anémiques (3600000 à 4200000 globules rouges par millimètre cube au lieu de 6000000 et 8000000); il n'existe pas cependant de lésions sanguines et, en particulier, pas d'hématies nucléées ou tigrées.

Par contre, on constate dans les globules rouges de petits corpuscules

arrondis, à contours nettement délimités, d'une coloration bleu foncé intense après coloration par le May-Grünwald-Giemsa. L'immense majorité de ces corpuscules (80 pour 100) est située à la périphérie, en position nettement marginale, faisant même parfois saillie à l'extérieur; quelques-uns siègent à l'intérieur; mais tous sont excentriques. Le nombre des globules parasités est généralement faible (4 à 30 pour 1000).

Les caractères morphologiques, la situation dans les globules de ces corpuscules permettent de les identifier aux *anaplasmes* décrits pour la première fois par Theiler, chez les bovins de l'Afrique du Sud.

Nous avons cependant tenu à confirmer le diagnostic microscopique par l'inoculation à deux animaux.

L'un, une vache hollandaise âgée d'une dizaine d'années, reçoit dans la veine 50^{cm^3} de sang d'une génisse malade.

Le 26e jour après l'inoculation l'animal amorce une ascension thermique (39°,4) qui se poursuit les jours suivants (temp. 40°,6) et persiste avec de grandes oscillations pendant 14 jours, c'est-à-dire jusqu'au 40e jour.

L'examen du sang montre de nombreux corps cocciformes intraglobulaires, identiques à ceux observés sur le malade ayant servi à l'inoculation. Le nombre de globules parasités est de 200 pour 1000, la plupart ne renferment qu'un seul élément; quelques-uns (30 pour 1000) en contiennent deux et parfois trois (10 pour 1000).

Le nombre des globules rouges est tombé de 6300000 à 2180000 par millimètre cube. Les lésions sanguines (anisocytose, polychromatophilie, hématies tigrées et nucléées) n'apparaissent que le 32e jour.

Durant l'accès, l'animal, bien qu'ayant conservé l'appétit, s'amaigrit considérablement.

A partir du 40e jour les symptômes s'atténuent : la température redevient normale, le nombre des parasites diminue, les lésions d'anémie disparaissent.

Le deuxième animal inoculé, une génisse hollandaise âgée d'un an, reçoit dans la veine 20^{cm^3} de sang d'une autre génisse malade.

Les symptômes observés sont identiques à ceux déjà décrits pour la vache, avec cette différence que l'hyperthermie a été moins accentuée et l'amaigrissement moins marqué.

L'inoculation a donc pleinement confirmé le diagnostic microscopique, il s'agit bien d'anaplasmes et non de résidus nucléaires.

Ces constatations nous ont paru intéressantes à rapporter parce qu'elles montrent :

1° Qu'il existe en France, dans la région du Sud-Ouest, une *anaplasmose bovine indigène* non encore signalée;

2° Que cette affection ne paraît pas présenter dans notre région, la gravité qu'elle a dans d'autres pays.

Les cas mortels constatés dans la maladie naturelle ne semblent pas dus à l'anaplasmose seule; mais à une association avec une infestation parasitaire du tube digestif et du foie.

La maladie expérimentale s'est traduite par une anémie intense, avec amaigrissement et hyperthermie passagère; mais à aucun moment la vie des animaux n'a été en danger.

La séance est levée à $16^h 40^m$.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 12 JUIN 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Relation simple et générale du spectre moléculaire avec les électrons et anneaux d'électrons des atomes constituants.* Note de M. **Henri Deslandres.**

I. La Note actuelle est la suite de quatre Notes présentées sous le même titre les 11 juin, 6 août, 24 décembre 1934, 18 février 1935, et auxquelles le lecteur est prié de se reporter.

La formule (1) $\nu = q\,d_1/r's'$, qui résume les recherches antérieures sur les spectres infrarouges, est vérifiée actuellement sur plus de 150 molécules, qui ont été d'abord les molécules les plus simples, puis des molécules de complexité croissante. Chaque fréquence infrarouge ν est reliée par la formule aux nombres s' d'électrons des anneaux ou sous-anneaux d'électrons qui sont excités en même temps dans un atome ou groupe d'atomes de la molécule. La constante d_1 est égale à 1062,5; q et r' sont des nombres entiers.

La molécule se divise en général en deux parties qui ont le même nombre s' d'électrons excités, et qui donc ont la même fréquence; ce qui assure une bonne stabilité. Ainsi, avec la molécule du benzène C^6H^6, étudiée dans la Note précédente, on a considéré les deux moitiés C^3H^3, dont les nombres Ex. d'électrons excitables sont 9a', 15 et 21 (a' distinguant les nombres d'électrons formés avec un sous-anneau) et la bande Raman principale de C^6H^6, ν991,5, est égale à $14d_1/15 - 0,2$. On peut admettre aussi que la molécule est divisible en 3 parties C^2H^2(Ex. = 6a', 10 et 14) ou en 6 parties CH(Ex. = 3a', 5 et 7), quoique *a priori*, il

paraît plus facile d'exciter simultanément 2 groupes d'atomes que 3 ou 6 groupes. Or la fréquence $\nu 991,5$ est aussi en accord avec ces deux arrangements nouveaux des atomes dans la molécule; car $15 = 5 \times 3$, et $15 \times 2 = 10 \times 3$. Mais ces arrangements divers existent-ils réellement dans la molécule? Ils sont possibles, car les groupements C^3H^3 et CH apparaissent isolés avec le spectrographe de masse, et ils sont probables, si l'on considère les chocs très nombreux et divers que subit la molécule, et aussi les idées actuelles des chimistes sur la structure interne de cette molécule. L'arrangement $C^6H^5 - H$, avec le radical important C^6H^5, a été aussi examiné, mais il doit être beaucoup moins fréquent que les précédents; car les radiations qui lui correspondent ont une faible intensité (voir le Tableau XI de la Note précédente). L'analyse spéciale des spectres infrarouges avec la formule (1) fournit des renseignements utiles sur la disposition variable des atomes dans la molécule.

La fréquence infrarouge se retrouve, comme on sait, dans les spectres plus complexes de la même molécule, émis dans les régions lumineuses et ultraviolettes; elle est souvent égale aux coefficients a' ou a'' des paramètres v' et v'' qui sont les nombres quantiques de vibration. Ainsi, d'après les mesures de Victor Henri, l'écartement des bandes principales dans les spectres de fluorescence et de luminescence du benzène est égal à $\nu 991,5$; et, dans le spectre d'absorption, l'écartement des bandes principales $\nu 921$ est plus faible [1]. Or $\nu 921 = 13 d_1/15 + 0,2$. L'écartement est différent, mais toujours égal à un harmonique de la fréquence fondamentale $d_1/15$. D'autres exemples du même fait seront donnés plus loin.

II. L'analyse des spectres infrarouges se heurte actuellement à la difficulté d'avoir des mesures suffisamment précises. Plusieurs points encore obscurs seront éclaircis seulement lorsque les spectres Raman auront été obtenus, comme celui du benzène, avec une dispersion suffisamment forte. Récemment, la technique expérimentale a fait de grands progrès, et un Mémoire important de Kohlrausch et Pongratz, publié en 1934, fournit des données précieuses sur plusieurs molécules de la formule X.CO.Y, X et Y étant des radicaux monovalents. Cette formule annonce l'union de trois groupes d'atomes, alors que, jusqu'à présent, j'ai étudié surtout les

---

(1) Cet écartement des bandes $\nu 921$ est indiqué dans une Note récente de Victor Henri (*Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1533). D'autres écartements constants entre les bandes $\nu 162$ à $\nu 164,5$, $\nu 162$, ont été signalés. Une première analyse de ces constantes conduit à penser qu'elles représentent les vibrations internes du groupe C^3H^3.

molécules formées de deux groupes. Aussi, je présente aujourd'hui l'analyse des molécules CO, CO.S, CH^3.CO.NH_2, Cl.CO.Cl, H^5C^2.CO.SH (voir le Tableau XII ci-après), et une Note ultérieure sera consacrée aux molécules plus complexes, H^5C^6.CO.C^6H^5, NH^2.CO.OCH^3 et CH^3.CH:CH.CO.N$(CH^3)^2$ (¹).

Le tableau présente d'abord la molécule CO, dont la raie Raman unique a la fréquence $\nu 2145 \pm 1$, d'après la mesure la plus récente due à Amaldi. J'ai adopté $\nu 2146$, pour tenir compte des mesures antérieures. Or les nombres Ex. sont, pour C, 2a'4 et 6, pour O, 4a'6 et 8, et pour C^- et O^+, 3a', 5 et 7. Le tableau montre que la fréquence émise est rattachée aux nombres 6 et 8, 5 et 7. Tout se passe comme si un électron de O oscillait constamment entre les deux atomes.

La molécule CO.S est divisible soit en C, O et S, soit en CO et S. Les Ex. de CO sont 6a', 10 et 14, et de S4a', 6, 12a', 14 et 16. Dans le premier cas, il y a égalité des électrons excités avec le nombre 6 et dans le second cas avec 6 et 14. C'est pourquoi la radiation la plus forte $\nu 659$ est reliée aux nombres 6 et 14, et aussi aux nombres 13, 8 ou 12 qui correspondent à une ionisation intérieure simple et double. La seconde radiation $\nu 1041$ a ceci de particulier qu'elle a les mêmes nombres s' et r' que la radiation unique de CO$\nu 2146$; elle est aussi un multiple, un harmonique de $d_1/48$. Quant à la radiation la plus faible, $\nu 2055$, elle est la seule rattachée au nombre 15, ou à la moitié des électrons de la molécule. Elle est la moins intense, parce que l'égalité des électrons excités est réalisée plus facilement avec les nombres 6 et 14.

La molécule CH^3.CO.NH^2 rentre dans la formule générale C^nH^{2n+1}.CO.C^pH^{2p+1}, chaque radical alcoyle pouvant être remplacé par un radical ou atome monovalent qui a le même nombre d'électrons. Pour $n = 1$, on a CH^3, auquel on peut substituer NH^2 ou OH ou F. Avec $n = 2$, on a C^2H^5 qui peut être remplacé par Cl, ou HS ou OCH^3. De même à C^5H^{11} on peut substituer C^6H^5. Or, si chacun de ces radicaux cède un électron à CO, les trois parties de la molécule ont des nombres d'électrons qui sont des multiples de 8 ou de 16, et l'égalité des fréquences émises est assurée. Cette solution, vérifiée avec les cinq molécules, est générale;

(¹) Les sources sont : pour CO, Amaldi, *Zeits. f. Physik*, 79, 1933, p. 492; pour CO.S, Dadieu et Kohlrausch, *Physik. Zeits.*, 4, 1932, p. 171; pour Cl.CO.Cl, Dadieu et Kohlrausch, *Wien. Ber.*, 139, 1930, p. 717, et pour tous les autres, Kohlraush et Pongratz, *Zeits. f. Phys. Chemie*, 27, 1934, p. 176.

TABLEAU XII. — *Fréquences infrarouges de molécules* (¹).

Molécule et mode d'excitation.	Fréquence de la raie en cm⁻¹ et intensité entre ( ).	Multiple de $d_1/r's'$	et résidu.	Nombre s' d'électrons excités dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre de leurs anneaux (a. ou a'.).
CO gaz Raman.........	2146 (10) =	$97 d_1/\ 6\times\ 8+$	1,1	6 de C 2 a. et 8 de O 2 a.
14 élec., 1 fréq.........	» =	$99 d_1/\ 7\times\ 7-$	0,7	7 de C^- 2 a. et de O^+ 2 a.
	» =	$101 d_1/\ 5\times 10-$	0,2	5 de C^- 1 a. et de O^+ 1 a.
CO.S gaz Raman.......	859 (6) =	$29 d_1/\ 6\times\ 6+$	3,1	6 de C 2 a. de O 1 a. et de S 1 a.
30 élec., 6 fréq.........	» =	$34 d_1/14\times\ 3-$	1,1	14 de CO 2 a. et de S 2 a.
	» =	$21 d_1/13\times\ 2+$	0,8	13 de CO^+ 2 a. et de S^- 2 a'.
	» =	$13 d_1/\ 8\times\ 2-$	4,3	8 de CO^{++} 1 a. et de S^{--} 1 a.
	1041 (0,5) =	$47 d_1/\ 6\times\ 8+$	0,8	6 de C 2 a. et de S 1 a., 8 de O 2 a.
	» =	$45 d_1/\ 7\times\ 7+$	0,2	7 de C^- 2 a. et de O^+ 2 a.
	» =	$49 d_1/\ 5\times 10-$	0,2	5 de C^- 1 a. et de O^+ 1 a.
	» =	$\{ 50 d_1/17\times\ 3-$	0,7	17 de S^- 3 a.
	» =	$\{ 51 d_1/13\times\ 4-$	1,1	13 de CO^+ 2 a.
	2055 (0) =	$29 d_1/15\ \ +$	0,5	15 de CO^- 2 a. et de S^+ 3 a.
$H^3C.CO.NH^2$ liq. Ram.	862 (7) =	$13 d_1/16\ \ -$	1,3	16 de CO^{--} 2 a. et 8 de CH^{3+} 2 a. et NH^{2+} 2 a.
32 élec., 12 fréq........	» =	$17 d_1/\ 7\times\ 3+$	1,9	14 de CO 2 a. et de (CH^3 1 a. et NH^2 1 a.)
	2933 (6) =	$58 d_1/\ 7\times\ 3-$	1,5	id. id.
	» =	$69 d_1/\ 5\times\ 5+$	0,5	10 de CO 1 a. et de (CH^3 1 a'. et NH^2 1 a'.)
	448 (3) =	$\{ 8 d_1/19\ \ +$	0,6	19 de (CH^3 2 a. et NH^2 2 a.)$^-$
	=	$\{ 11 d_1/13\times\ 2-$	1,5	13 de CO^+ 2 a.
	1611 (2) =	$47 d_1/31\ \ +$	0,1	31 de $CH^2CO.NH^2$
Cl.CO.Cl gaz Ram.....	571 (10) =	$15 d_1/14\times\ 2+$	1,8	14 de Cl^2 1 a. et de CO 2 a.
48 élec., 5 fréq.........	» =	$7 d_1/13\ \ -$	1,1	13 de Cl^{2+} 1 a. et de (C 2 a. et O 1 a.)$^-$
	» =	$8 d_1/15\ \ +$	4,3	15 de CO^- 2 a. et de Cl^{2-} 1 a.
	» =	$13 d_1/24\ \ -$	4,5	12 de CO^{++} 2 a. et 8 de Cl^- 1 a.
	301 (5) =	$2 d_1/\ 7\ \ -$	2,6	14 de CO 2 a. et de Cl^2 1 a.
	» =	$9 d_1/16\times\ 2+$	2,2	16 de CO^{--} 2 a. et de Cl^+ 3 a.
	444 (4) =	$5 d_1/12\ \ +$	1,3	id. id.
$H^5C^2.CO.SH$ liq. Ram..	444 (10) =	$5 d_1/12\ \ +$	1,3	16 de CO^{--} 2 a., C^2H^{5+} 2 a. et HS^+ 3 a.
48 élec., 20 fréq........	» =	$\{ 7 d_1/17\ \ +$	6,5	17 de C^2H^5 2 a.
	» =	$\{ 13 d_1/31\ \ -$	1,6	31 de CO.SH 3 a.
	2569 (6) =	$2 d_1\ \ +$	444,0	nombres s' de ν 444
	602 (5) =	$9 d_1/16\ \ +$	4,3	16 de CO^{--} 2 a., C^2H^{5+} 2 a. et SH^+ 3 a.
	» =	$13 d_1/23\ \ +$	1,5	23 de C^2H^5C 2 a. et O.SH 2 a.
	2938 (5) =	$\{ 47 d_1/17\ \ +$	0,5	17 de C^2H^5 2 a. et SH 3 a.
	» =	$\{ 83 d_1/10\times\ 3-$	1,6	10 de CO 1 a.
	» =	$130 d_1/47\ \ -$	0,8	47 de $H^5C^2.CO.S$ 3 a.
	712 (5) =	$2 d_1/\ 3\ \ +$	3,7	6 de CO 1 a', 9 de C^2H^5 1 a'. et 15 de SH 2 a.

(¹) On a ajouté, pour chaque composé, le nombre des électrons (élec.) et le nombre des fréquences (fréq.). On a distingué par une accolade les cas où les nombres s' des deux parties de la molécule sont premiers entre eux; l'égalité des deux fréquences calculées est alors seulement approchée.

d'autres solutions, particulières à chaque molécule, sont indiquées dans le tableau.

Parmi les particularités intéressantes de ces molécules, on peut citer les suivantes : Les deux molécules Cl.CO.Cl et C^2H^5.CO.HS dont les trois parties ont le même nombre d'électrons, ont une radiation commune ν444, et la fréquence ν301 de la première est la moitié d'une fréquence de la deuxième. Les radiations ne peuvent être toutes les mêmes; car les nombres Ex. ne sont pas tous les mêmes; et les masses atomiques, qui jouent un certain rôle, sont différentes. On peut aussi rapprocher de ces deux molécules la molécule $SiCl^4$, dont l'atome Si, de même que CO, a 14 électrons, et qui émet les fréquences ν151, ν221 et ν607.

Les cinq molécules étudiées ont chacune une ou plusieurs fréquences qui sont des multiples différents de $d_1/6 \times 8$; ce qui peut tenir au groupe CO qui leur est commun. Cette question sera développée dans une Note spéciale.

THERMODYNAMIQUE. — *Du rendement énergétique des thermo-compresseurs. Importance de sa définition.* Note ([1]) de M. **Jean Rey**.

Le fonctionnement des thermo-compresseurs, appareils dont j'ai indiqué certaines propriétés dans mes Notes précédentes ([2]), soulève une question délicate, celle du rendement.

Comment définir le rendement d'un appareil aussi complexe, tout calcul du rendement, dans une machine quelconque, reposant sur une définition prise comme base.

Lorsqu'il s'agit d'un compresseur mécanique, parcouru par une seule veine fluide, le rendement en énergie est forcément le rapport de l'énergie théorique, nécessaire à la compression, et choisi, par définition, suivant un cycle donné, à l'énergie réellement consommée et que fait connaître l'expérience.

Dans la pratique, le mode de compression choisi est le mode isotherme, le fonctionnement réel des compresseurs modernes se rapprochant de l'isotherme par l'effet du refroidissement dû à une circulation d'eau ou d'air.

([1]) Séance du 3 avril 1935.

([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 864 et 997.

On aurait pu, d'ailleurs, choisir le mode adiabatique, ce qui aurait conduit à une valeur plus élevée du rendement qu'avec l'isotherme.

Mais, quel que soit le mode choisi, il ne pouvait fournir qu'une seule définition du rendement.

Il n'en n'est pas de même avec les thermo-compresseurs. Ces appareils sont formés de trois parties : la tuyère motrice, l'aspirateur-mélangeur et le diffuseur.

Il circule, dans ces trois éléments, trois veines fluides : la veine motrice, la veine entraînée et leur mélange.

Aussi à chaque élément de l'appareil correspond un rendement énergétique propre, que je désigne par les notations :

$$\beta_r, \quad \beta_m, \quad \beta_d \quad (^1).$$

Pour la truyère motrice, si je désigne par $(\mathfrak{T}_0)_p^{p_0}$ l'énergie cinétique théorique créée par la détente du fluide moteur de la pression d'amont p_0 jusqu'à la pression moyenne p qui règne dans le mélangeur, la valeur de l'énergie cinétique du fluide-moteur, à l'entrée du mélangeur, est donc $\beta_r(\mathfrak{T}_0)_p^{p_0}$ et la perte d'énergie dans cette tuyère est alors $(1-\beta_r)(\mathfrak{T}_0)_p^{p_0}$, ceci pour un débit en poids égal à l'unité.

En ce qui concerne l'aspirateur-mélangeur, son rendement énergétique est donné par le rapport de l'énergie cinétique du mélange des deux fluides, à la sortie du mélangeur, à l'énergie disponible à l'entrée.

Or cette dernière valeur est, en toute rigueur, la somme de l'énergie cinétique du fluide moteur $\beta_t(\mathfrak{T}_0)_p^{p_0}$ et de l'énergie cinétique de détente du fluide entraîné, de la pression extérieure P à la pression intérieure moyenne du mélangeur p.

Cette détente, créée par l'aspiration due à la vitesse du fluide moteur, donne naissance à la vitesse V_e du fluide aspiré à son entrée dans le mélangeur; elle correspond ainsi à une énergie cinétique $V_e^2/2g$, laquelle s'ajoute à celle du fluide-moteur $V_0^2/2g$, V_0 étant la vitesse de la veine motrice. Ainsi, à l'énergie du fluide-moteur, s'ajoute l'énergie empruntée au milieu ambiant, laquelle est plus faible, mais nullement négligeable.

En désignant par u la vitesse du mélange des deux vapeurs à la sortie du mélangeur et par β le débit en poids du fluide aspiré pour un débit égal à l'unité du fluide moteur, l'énergie cinétique à la sortie est donc

(1) Pour les autres valeurs, je conserve les notations des Notes précédentes.

$(1+\beta).\, u^2/2g$ et celle du rendement du mélangeur

$$\rho_m = \frac{(1+\beta)\dfrac{u^2}{2g}}{\beta_t(\mathcal{E}_0)_p^{p_0} + \beta(\mathcal{E}_e)_p^{\mathrm{P}}}.$$

Dans cette expression $(\mathcal{E}_e)_p^{\mathrm{P}}$ représente l'énergie cinétique correspondant à la vitesse V_e du fluide aspiré. Mais la vitesse du mélange, à la sortie, étant connue par l'application du théorème des quantités de mouvements projetées, soit : $(u = V^0 + \beta V_e)/(1+\beta)$ en remarquant que

$$\frac{V_0^2}{2g} = (\mathcal{E}_0)_p^{p_0} \qquad \text{et} \qquad \frac{V_e^2}{2g} = (\mathcal{E}_e)_p^{\mathrm{P}},$$

on obtient l'expression

$$\frac{u^2}{2g} = \frac{\left[\sqrt{(\mathcal{E}_0)_p^{p_0}} + \beta\sqrt{(\mathcal{E}_e)_p^{\mathrm{P}}}\right]^2}{(1+\beta)^2},$$

d'où, finalement, pour le rendement de l'aspirateur mélangeur, la valeur

$$(2) \qquad \rho_m = \frac{\left[\sqrt{(\mathcal{E}_0)_p^{p_0}} + \beta\sqrt{(\mathcal{E}_e)_p^{\mathrm{P}}}\right]^2}{(1+\beta)\left[\beta_t(\mathcal{E}_0)_p^{p_0} + \beta(\mathcal{E}_0)_p^{\mathrm{P}}\right.}.$$

En ce qui concerne le diffuseur, son rendement est le rapport de l'énergie employée à comprimer le mélange des deux fluides de la pression d'entrée p à la pression de sortie p_f, à l'énergie cinétique totale disponible à l'entrée.

Si j'appelle $(\mathcal{E}_c)_p^{p_f}$ l'énergie de compression par unité de poids, le rendement β_d du diffuseur aura pour valeur

$$(3) \qquad \beta_d = \frac{(1+\beta)(\mathcal{E}_c)_p^{p_f}}{\dfrac{u^2}{2g}(1+\beta)} = \frac{(\mathcal{E}_c)_p^{p_f}}{\dfrac{u^2}{2g}}$$

et, toute simplification faite,

$$\beta_d = \frac{(1+\beta)(\mathcal{E}_c)_p^{p_f}}{\left[\sqrt{(\mathcal{E}_e)_p^{p_0}} + \beta\sqrt{(\mathcal{E}_e)_p^{\mathrm{P}}}\right]^2}.$$

Connaissant les trois rendements β_t, β_m et β_d, il suffit de les retrancher de l'unité pour avoir la perte d'énergie de chacune des trois parties de l'appareil. En faisant la somme de ces trois pertes et en retranchant cette somme de l'unité, on obtient alors ce que j'appellerai le rendement physique total de l'appareil, dont l'expression est

$$(4) \qquad \beta = \beta_0\beta_m\beta_d\frac{(\mathcal{E}_0)_p^{p_0}}{(\mathcal{E}_0)_p^{p_0} + \beta(\mathcal{E}_c)_p^{\mathrm{P}}} + \beta_u\beta_d\frac{\beta(\mathcal{E}_c)_p^{\mathrm{P}}}{(\mathcal{E}_0)_p^{p_0} + \beta(\mathcal{E}_e)_p^{\mathrm{P}}}.$$

Il est facile de voir qu'en introduisant dans cette formule les valeurs précédentes de β_n et β_d, on arrive à l'expression finale du rendement total

$$\beta = \frac{(1+\beta)(\mathcal{C}_c)_p^{pf}}{(\mathcal{C}_0)_p^{p_0} + \beta(\mathcal{C}_e)_p^{P}}. \tag{5}$$

On pourrait croire que cette définition du rendement total d'un thermo-compresseur est la seule possible; il n'en est rien et j'en indiquerai ultérieurement plusieurs autres.

NOMINATIONS.

M. **Charles Jacob** représentera l'Académie à l'inauguration du nouveau *Museum de Géologie pratique* et à la célébration du Centenaire du *Geological Survey* de Grande-Bretagne, en juillet 1935, avec MM. **Alfred Lacroix**, **Charles Barrois**, **Louis de Launay** et **Lucien Cayeux**, précédemment désignés.

PLIS CACHETÉS.

M. **Edmond-Henri Leuthreau** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 29 avril 1935 et enregistré sous le n° 11 024.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée *Organisation de la défense passive. Utilisation de l'eau dans la lutte contre les gaz nocifs*.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur le conoïde de Plücker.*
Note de M. **David Wolkowitsch**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Soient E_1, E_2 deux quadriques de centres O_1 et O_2. Leurs quadriques conjuguées ε_1, ε_2 déterminent un faisceau linéaire tangentiel Φ dont le paraboloïde sera désigné par la lettre Π, l'axe de ce paraboloïde est parallèle à O_1O_2.

Les complexes de Painvin relatifs aux quadriques d'un faisceau linéaire tangentiel forment eux-mêmes un faisceau linéaire; le complexe relatif au au paraboloïde Π possède certaines propriétés dont plusieurs, d'ailleurs bien connues, peuvent s'obtenir avec simplicité en utilisant la notion de rayon de gyration; l'objet de cette Note est de présenter ces propriétés qui conduisent, dans un cas particulier, à des propriétés nouvelles du conoïde de Plücker.

1° Les droites du complexe sont celles qui ont même rayon de gyration par rapport à tout système de masses tel que la quadrique conjuguée de sa quadrique centrale d'inertie appartienne au faisceau Φ;

2° A tout plan P_1 normal à la droite O_1O_2, correspond un paraboloïde Π_1 homofocal de Π, et tel que les plans, normaux aux droites du complexe, et menés par les points où celles-ci percent le plan P_1, enveloppent le paraboloïde Π_1;

3° La surface des singularités Σ est le lieu de la biquadratique gauche, intersection de deux paraboloïdes, homofocaux du paraboloïde Π et correspondant aux valeurs $+k$ et $-k$ du paramètre.

Cette surface Σ est aussi le lieu de la conique d'intersection d'un plan variable P, normal à l'axe de Π, avec un paraboloïde homofocal de Π, associé à ce plan P. Il est facile de voir que la surface Σ est du troisième ordre, mais le plan de l'infini appartient lui aussi à la surface des singularités, celle-ci est donc du quatrième ordre comme il convient.

Les coniques et les biquadratiques forment un réseau orthogonal sur la surface Σ.

4° Les résultats précédents conduisent à une représentation paramétrique simple, en partant de l'expression classique des coordonnées d'un point de l'espace en fonction des paramètres des trois paraboloïdes d'une famille homofocale.

L'équation du paraboloïde Π étant

$$\frac{y^2}{p} + \frac{z^2}{q} - 2x = 0,$$

on obtient

$$y = \sqrt{\frac{(p^2 - \lambda)(p + \mu)}{q - p}}, \qquad z = \sqrt{\frac{(q^2 - \lambda)(q + \mu)}{p - q}}, \qquad x = -\frac{\mu + p + q}{2}.$$

5° La surface Σ est l'enveloppe d'une famille de développables de la quatrième classe, définies par les plans tangents, à la fois, au paraboloïde homofocal Π_{+k} et à la courbe de l'infini du cône supplémentaire du cône

asymptote du paraboloïde Π_{-k}. Comme cette courbe à l'infini se décompose en deux points, les développables se décomposent en deux cylindres paraboliques.

La génératrice du cylindre, qui passe par un point A de la surface Σ, est la tangente à la conique (3); elle joint le point A au point de contact du plan tangent en A, à Σ, avec le paraboloïde homofocal qui lui est tangent. Ces coniques (3) et les courbes de contact des cylindres paraboliques circonscrits forment un réseau de courbes conjuguées. On se trouve d'ailleurs dans un cas particulier du théorème de Kœnigs.

6° Lorsque le paraboloïde Π est équilatère, on sait que la surface des singularités est un *conoïde de Plücker*.

Dans ce cas on a $p+q=0$; ce qui donne la représentation paramétrique

$$y=\sqrt{\frac{(p^2-\lambda)(\mu+p)}{-2p}}, \qquad z=\sqrt{\frac{(p^2-\lambda)(\mu-p)}{2p}}, \qquad x=-\frac{\mu}{2}.$$

Les courbes $\mu=$ const. deviennent, ici, les génératrices aux sommets des paraboloïdes associés aux plans $x=$ const. Ces génératrices engendrent le conoïde (résultat connu). Les courbes $\lambda=$ const. sont des trajectoires orthogonales des génératrices rectilignes.

L'élimination de γ et μ, entre les trois relations ci-dessus, donne l'équation classique du conoïde. A noter l'analogie des modes de génération de la surface de l'onde et du conoïde : lieux de l'intersection de quadriques homofocales ou bien de courbes sphériques, qui deviennent courbes planes décomposées, pour le conoïde.

Les cylindres paraboliques, circonscrits au conoïde, deviennent ici les génératrices rectilignes, car il se trouve que les plans directeurs du paraboloïde Π_{+k} et ceux du paraboloïde Π_{-k} sont deux à deux rectangulaires, de sorte que les sommets des cylindres circonscrits à Π_{+k} se trouvent sur ce paraboloïde lui-même. Ces cylindres dégénèrent donc chacun en deux génératrices, dont l'une est une génératrice au sommet et l'autre se trouve à l'infini.

Tout plan T passant par une génératrice du conoïde, qui appartient au paraboloïde Π_{+k}, est un plan singulier; la conique du complexe se décompose en deux points, traces des génératrices du paraboloïde Π_{-k} qui lui sont perpendiculaires (l'une d'elles se trouve à l'infini) et, d'après une propriété connue, ces points appartiennent à la surface des singularités, c'est-à-dire au conoïde dans le cas présent.

Cette remarque nous conduit à définir une nouvelle famille de courbes sur le conoïde.

Par une génératrice, au sommet, d'un paraboloïde Π_{+k}, homofocal du paraboloïde de base Π, on fait passer un plan variable, et l'on détermine son intersection avec la génératrice, normale, à distance finie, du paraboloïde Π_{-k}; le lieu de cette intersection est une cubique gauche, qui décrit le conoïde quand le paraboloïde Π_{+k} varie.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Les problèmes de représentation conforme de Helmholtz; théorie des sillages et des proues.* Note de M. **Jean Leray**, présentée par M. Henri Villat.

1. *Validité des solutions du problème de la proue.* — Une solution de ce problème n'est acceptable que si elle vérifie les deux conditions de M. Brillouin : $|df/dz|$ vaut au plus 1; les arcs $\widehat{B_0B}$ et $\widehat{CC_0}$ sont extérieurs au domaine (d).

Les méthodes de M. Villat fournissent aisément des sillages de la nature suivante : l'obstacle est symétrique et convexe, sa courbure croît quand on se rapproche de son milieu; les détachements sont en proue; au voisinage des points de détachement aucune des deux conditions de M. Brillouin n'est vérifiée.

Nommons *accolades* (¹) les obstacles $\widehat{B_0C_0}$ constitués par deux arcs concaves $\widehat{B_1A}$, $\widehat{AC_1}$, et par deux arcs convexes $\widehat{B_0B_1}$, $\widehat{C_1C_0}$, qui, parcourus de B_0 vers B_1, de C_0 vers C_1, ont des courbures non croissantes; le point A peut être anguleux. *Une solution du problème de la proue est toujours acceptable quand l'obstacle est une accolade, si le courant bifurque en* A.

La démonstration est élémentaire : on pose $df/dz = e^{-i\omega}$, $d\omega/df = \mathrm{U} + i\mathrm{V}$; on a, si R est le rayon de courbure, l l'arc de l'obstacle, $d(\mathrm{RU}) + \mathrm{V}\,dl = 0$; on étudie les régions où U et V gardent des signes constants; on constate

(¹) Les obstacles concaves et les obstacles circulaires convexes sont les formes extrêmes de l'accolade.

que le maximum de la vitesse n'est pas réalisé le long de l'obstacle et que la courbure U des lignes libres croît à mesure qu'on se rapproche des points de détachement.

2. *Cas où la solution du problème du sillage est unique.* — Ce problème est régi par l'équation intégro-différentielle de M. Villat, dont l'équation aux variations est compliquée, mais équivaut au « problème de Weinstein » [1] : construire dans un domaine Δ une fonction harmonique β connaissant les valeurs de β sur une portion Δ'_1 de la frontière Δ' de Δ, les valeurs de $1/\beta . d\beta/dn$ sur le reste Δ'_2 de Δ', et l'allure de β en certains points de Δ'. Faisons l'hypothèse de Friedrichs [2] : « il existe dans Δ une fonction surharmonique, positive, B, telle que $1/B . dB/dn$ prenne sur Δ'_2 les valeurs imposées à $1/\beta . d\beta/dn$ »; les lignes $\beta = 0$ décomposent alors Δ en domaines dont chacun doit atteindre Δ'_1 ou une singularité de β. On en déduit que le problème de Weinstein a une seule solution et que l'équation aux variations a une seule solution, d'indice [3] topologique $+1$. Or les solutions du problème du sillage ont pour indice total $+1$. Il ne peut donc en exister plusieurs, si chacune vérifie l'hypothèse de Friedrichs. En particulier : *Le problème symétrique du sillage possède une seule solution. Le problème du sillage possède une seule solution quand l'obstacle est convexe.*

3. *Nombre des solutions du problème de la proue.* — La solution du problème de Weinstein est évidente quand la variation de l'obstacle consiste à le prolonger en un point où le détachement est en proue : la variation de $f(z)$ est nulle. Le détachement s'oriente vers l'amont ou vers l'aval suivant que la ligne libre primitive s'écartait de l'obstacle vers l'amont ou l'aval. Cette remarque et le paragraphe 1 ont les conséquences suivantes : *Il existe des obstacles symétriques convexes pour lesquels le problème symétrique de la proue a plusieurs solutions. Le problème symétrique de la proue a une solution unique quand l'obstacle est une accolade. Le problème de la proue, posé pour un arc circulaire convexe, symétrique ou non, a une seule solution.*

---

(1) Voir A. Weinstein, *Ein hydrodynamischer Unitätssatz* (*Math. Zeitschr.*, 19, 1924, p. 265).

(2) K. Friedrichs, *Uber ein Minimumproblem für Potentialströmungen mit freiem Rande* (*Math. Annalen*, 109, 1933, Anhang II, p. 77).

(3) Leray-Schauder, *Annales de l'École Normale supérieure*, 51, 1934, p. 45.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la signification générale de la théorie macroscopique des champs.* Note [1] de M. **Jean Mariani**, présentée par M. Paul Langevin.

L'objet de la physique classique était jusqu'à présent d'exprimer d'une façon de plus en plus précise les propriétés intrinsèques des systèmes matériels au moyen d'observations de plus en plus perfectionnées, ces propriétés devant permettre d'interpréter l'ensemble des phénomènes observables à l'échelle humaine; par exemple, le mouvement d'un point matériel dans les conditions les plus générales peut être calculé en attribuant à ce mobile une masse et une charge ponctuelles, susceptibles de déterminer à distance un champ continu et illimité; dans ces conditions, la covariance générale des lois de la nature exprime le fait que ces lois, énonçant les propriétés objectives de l'univers, doivent être indépendantes du système auquel on les réfère, puisque le choix d'un tel système dépend dans une large mesure du libre arbitre de l'observateur.

Toutefois les phénomènes atomiques nous montrent qu'à cette échelle, la nature paraît suivre une voie tout à fait différente; en particulier, les interactions qui s'établissent en physique atomique et nucléaire entre l'instrument de mesure et le système observé sont alors telles qu'elles aboutissent à la création ou à l'annihilation des photons et des éléments matériels; ces interactions sont incompatibles avec la notion de propriétés intrinsèques, liées à des *objets* matériels [2]; les nécessités du principe de correspondance obligent alors à admettre que la nature se comporte de même à l'échelle humaine malgré le caractère négligeable des interactions provoquées par les observations dans ce domaine; les lois de la nature doivent alors être supposées exprimer les propriétés géométriques qui définissent la mesure, et non les propriétés physiques qui caractérisent les systèmes matériels (principe de subjectivité).

La mesure peut être définie comme un ensemble d'opérations effectuées au moyen d'étalons indéformables dans un domaine suffisamment petit de l'espace-temps; cette condition d'indéformabilité s'exprime analytiquement de la manière suivante : on peut trouver des domaines d'espace-temps assez petits pour que les opérations de mesure s'effectuent au moyen des trans-

(1) Séance du 3 juin 1935.

(2) J. Mariani, *Journal de Physique*, 7e série, 3, v, 1932, p. 219-224.

formations du groupe continu de mouvements

(1) $$y_i = f_i(x_1, x_2, x_3, x_4; a_1, a_2, \ldots, a_r) \qquad (i = 1, 2, 3, 4)$$

qui doivent laisser invariante le carré de la distance élémentaire

(2) $$ds^2 = g_{ij}(x_1, \ldots, x_4)\, dx^i\, dx^j \qquad (i, j = 1, 2, 3, 4);$$

l'existence de tels déplacements sans déformations se traduit par le fait que le tenseur de la déformation pure est nul

(3) $$S_{ik} = \frac{\partial \xi_i}{\partial x^k} + \frac{\partial \xi_k}{\partial x_i} - 2\left\{ \begin{matrix} ik \\ r \end{matrix} \right\} \xi_r = 0 \qquad \left(\xi_i = \frac{dx_i}{d\tau}\right) \text{ (1)};$$

l'abandon des propriétés intrinsèques des systèmes matériels est exprimé par le fait que, dans les limites fixées, les transformations (1) expriment aussi bien les opérations de mesure que les changements de systèmes de référence ou les mouvements des points matériels par rapport à un système de référence donné; le domaine spatio-temporel considéré peut donc être regardé comme le champ opératoire du groupe (1) qui lui sert de groupe fondamental au sens de F. Klein, les mouvements pouvant être euclidiens ou non.

Le mouvement instantané le plus général d'un point matériel se détermine, par rapport au temps propre τ, par les équations

(4) $$\frac{d\xi_i}{d\tau} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \xi_i}{\partial x^k} + \frac{\partial \xi_k}{\partial x^i}\right)\xi^k + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \xi_i}{\partial x^k} - \frac{\partial \xi_k}{\partial x^i}\right)\xi^k,$$

car $\xi_i = \xi_i(x_1, x_2, x_3, x_4)$ en vertu du premier théorème fondamental de S. Lie; en supposant, pour simplifier, le mouvement irrotationnel, et en se servant de (3), on obtient

(5) $$\frac{d\xi_i}{d\tau} = \left\{ \begin{matrix} ik \\ r \end{matrix} \right\} \xi_r \xi^k,$$

cette expression se transforme au moyen de

(6) $$\frac{\partial g_{ir}}{\partial x_k} = \left[\begin{matrix} ik \\ r \end{matrix} \right] + \left[\begin{matrix} rk \\ i \end{matrix} \right].$$

---

(1) Ces équations sont appelées équations de Killing; voir à ce sujet : W. KILLING, *Uber die Grundlagen der Geometrie* (*Crelle's Journal*, 109, p. 121 et suiv.); L. BIANCHI, *Lezioni sulla teoria dei gruppi finiti continui di trasformazioni*, Bologna, p. 489 et suiv.

et donne

$$\frac{d\xi^i}{d\tau} + \begin{bmatrix} rk \\ i \end{bmatrix} \xi^r \xi^k = 0, \quad (7)$$

qui au moyen de $\xi^i = dx^i/d\tau$ détermine la trajectoire suivie par le point matériel : c'est une géodésique de l'espace-temps riemannien ; si l'on néglige les dérivées secondes des g_{ij}, on peut donc regarder l'univers de la relativité générale comme le champ opératoire d'un groupe de transformations formé des mouvements non euclidiens irrotationnels, ce qui revient à supposer le champ $\begin{Bmatrix} rk \\ i \end{Bmatrix}$ constant et uniforme; malgré cette restriction, l'application de la théorie des groupes de mouvements permet de déterminer la loi de la gravitation et de donner une interprétation simple des lois de l'électromagnétisme.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'influence des ions* H^+ *dans les phénomènes de réduction et d'hydrogénation.* Note [1] de MM. **A.-A. Guntz** et **E. Beltran**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans l'étude de la réduction d'un certain nombre d'oxydes et de sels métalliques par l'hydrogène gazeux, nous avons été amenés à considérer le rôle joué par les ions H^+.

C'est en suivant d'une manière aussi complète que possible et de bout en bout toute la réaction, que nous avons pu montrer combien ces ions intervenaient dans la catalyse du système. Nous avons pensé que ces ions pouvaient exercer un mécanisme de préactivation de la molécule.

Par exemple, dans la réduction de l'oxyde d'argent ou l'hydrogène se substitue à l'atome de métal du composé, ce remplacement s'opère facilement si la liaison *métal-oxygène* se relâche sous une influence quelconque.

A température moyenne il y a dissociation thermique et un relâchement sensible de la covalence permet de séparer les atomes d'argent de l'atome d'oxygène. Donc réduction facile dès le début.

A basse température, nous expliquons le relâchement de la liaison *métal-oxygène* par l'influence des ions H^+. Ces derniers peuvent, en effet, jouer le rôle d'accepteurs et venir se placer sur les doublets libres de l'oxygène combiné. La molécule d'oxyde d'argent est représentée avec le tétraèdre

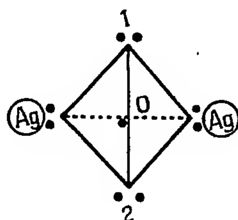
---

(1) Séance du 27 mai 1935.

de l'oxygène dont deux sommets fixent deux atomes d'argent. Deux doublets demeurent en 1 et 2 (voir la figure). Les ions H^+ peuvent se plaquer sur ces sommets. Il en résulte, par suite de la répulsion électrostatique des noyaux positifs de l'hydrogène et de l'oxygène, que le noyau de l'oxygène tend à se rapprocher de l'arête aux extrémités de laquelle se trouvent les atomes d'argent et repousse ces derniers. La liaison se relâche; la réduction par l'hydrogène est facilitée.

Ce mécanisme peut expliquer :

A. *La catalyse de la réaction par les métaux.* — Ainsi que le caractère autocatalytique de la réduction que met en évidence la période initiale



d'induction ou de pseudo-induction observée dans la réduction à basse température de ces oxydes. L'ionisation de l'hydrogène se produisant au contact du métal [1].

B. *L'influence d'un champ électrique.* — L'expérience [2] nous a montré que l'établissement d'un champ électrique, dans le milieu gazeux, au contact de l'oxyde, modifiait notablement la vitesse de réaction. Le sens est le même qu'en milieu conducteur électrolytique; lorsque l'oxyde est cathode il est plus facilement réduit. Lorsqu'il est anode, la réduction est plus lente qu'en l'absence du champ électrique.

Dans le cas présent où une des phases est gazeuse, si l'on admet que des ions H^+ libres viennent se décharger à la cathode, on a l'analogue d'une réduction cathodique électrolytique, avec la différence, que les ions H^+, provoquent seulement une *préactivation* catalytique de la molécule d'oxyde.

On peut aussi supposer que la molécule polaire H^2O toujours contenue sous forme de traces dans tous les gaz desséchés dans les conditions habituelles, s'oriente dans le champ, et présente ses protons aux doublets libres de l'oxygène combiné. Leur probabilité de fixation est ainsi augmentée et l'on retrouve le mécanisme de préactivation décrit précédemment.

---

(1) A. Gillet et N. Audran de Langeron, *Actualités Scientifiques*, 92, xii, p. 16.

(2) Le détail des expériences paraîtra dans un autre Recueil.

D'une manière générale, cette conception : *attraction des ions* H^+ *et répulsion électrostatique des noyaux*, permet d'attribuer aux ions H^+ présents dans certains milieux, la *préactivation* d'un grand nombre de molécules et la catalyse de bien des synthèses : synthèses naturelles, hydrogénation.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les piles de contact et leur mise en court-circuit.* Note [1] de Mlle **Suzanne Veil**, présentée par M. Georges Urbain.

Une étude antérieure [2] a signalé que les confrontations chimiques dans un gel conducteur tel que la gélatine suggèrent la conception de piles dont la force électromotrice trouve exclusivement son origine dans des phénomènes de contact, au sens entendu par Volta. De telles piles qui, théoriquement, ne relèvent que d'une asymétrie de chaîne, peuvent être dénommées piles de contact.

Il était intéressant de préciser le comportement des piles de contact par mise en court-circuit. En pratique, les phénomènes sont accessibles à l'examen par la considération de systèmes assez proches du cas idéal pour laisser discerner l'intervention propre des asymétries de chaîne. Ils sont les mieux observables sur les piles résultant de la confrontation de deux métaux différents dans un conducteur non métallique, d'inertie chimique suffisante à leur égard.

Dans le cas où le milieu de confrontation est une solution électrolytique, les régimes de décharge les moins compliqués et vraisemblablement les plus voisins de ceux des piles de contact consistent en une chute progressive d'intensité, très brusque au début, le courant, après une durée prolongée, devenant assez faible pour cesser d'être mesurable. Par exemple, une courbe d'allure analogue à celle de la figure 1 peut être obtenue, sous conditions appropriées par une confrontation de zinc et de platine dans la soude aqueuse diluée, système dans lequel on peut présumer une prépondérance des phénomènes de contact sur les phénomènes chimiques. Les observations s'apparentent à des résultats antérieurs de Reboul [3], concernant la conductivité de l'oxyde jaune de mercure solide sous tension continue.

La dissociation ionique, subie par les solutions électrolytiques d'une

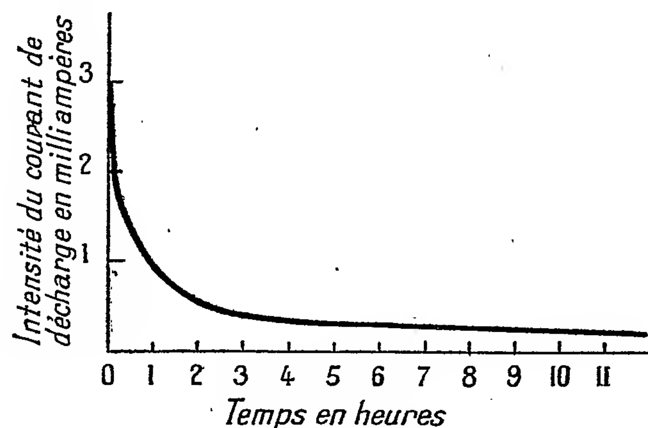
[1] Séance du 3 juin 1935.

[2] Suzanne Veil, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1318.

[3] Reboul, *J. Phys. Rad.*, 7e série, 2, 1931, p. 86.

chaîne en court-circuit, détruit leur homogénéité en provoquant aux interfaces des accumulations d'ions. Une rupture ultérieure du circuit dissipe, tout au moins partiellement, cet état de contrainte en provoquant une récupération d'intensité. Cette récupération est grandement accélérable par une agitation mécanique du bain, qui tend à effacer la répartition préalable des ions.

D'autre part, dans une chaîne de contact en court-circuit, la force électromotrice évolue, comme l'intensité du courant de décharge, dans le sens d'un abaissement, encore que les récupérations spontanées qui suivent



Chaîne zinc-soude aqueuse-platine. Régime de décharge par mise en court-circuit.

immédiatement toute rupture rendent les mesures à l'électromètre difficiles et incertaines.

Si, après avoir été rompue, une chaîne de contact est mise une deuxième fois en court-circuit, on constate, et pour l'intensité du courant de décharge et pour la force électromotrice mesurée à l'électromètre, des évolutions similaires à celles de la précédente mise en court-circuit. Cependant, ces nouvelles évolutions sont beaucoup plus fugitives que les premières, comme si le système, se souvenant de son histoire passée, était demeuré plus fragile.

Lorsque la confrontation des métaux a lieu dans un gel conducteur tel que la gélatine, les piles de contact correspondantes, de résistance relativement élevée, n'ont qu'un débit bref, bientôt limité par les réactions du gel au champ, précédemment décrites (¹).

(¹) MICHAUD, *J. Chim. Phys.*, 30, 1924, p. 386; SUZANNE VEIL, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 454.

On peut considérer comme suit le mécanisme de la décharge d'une pile de contact à température constante, en l'absence de tous phénomènes chimiques proprement dits, tant en circuit ouvert qu'en circuit fermé. La mise en court-circuit détruit l'homogénéité des conducteurs non métalliques, de manière à provoquer des dissymétries compensatrices des asymétries initiales de la chaîne. La fin de l'évolution du régime de décharge marque l'établissement de l'équilibre de la chaîne en circuit fermé. On notera la parenté des phénomènes observés ici, notamment au sujet de la force électromotrice, avec les phénomènes que prévoient, dans des ordres d'idées plus ou moins différents, des propositions très générales telles que le principe de Le Chatelier et la loi de Lenz.

Dans les piles ordinaires, les phénomènes chimiques, en se superposant aux phénomènes de contact, n'interviennent pas seulement par une mise en jeu d'énergie : ils modifient encore la nature et le nombre des substances présentes, d'où les phénomènes de contact eux-mêmes. En ce qui concerne l'étude générale des chaînes, on peut présumer que les impuretés aux surfaces métalliques entravent surtout l'observation par les altérations interfaciales qu'elles provoquent, altérations que traduisent aussitôt des forces électromotrices de contact parasites.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur quelques phénomènes de phosphorescence cathodique.* Note de M. **Marcel Servigne**, présentée par M. Georges Urbain.

Il a été établi depuis longtemps [1] que les substances minérales phosphorescentes sont constituées par des solutions solides d'éléments *phosphorogènes* contenus en très faible proportion dans un *diluant*. Parmi ces substances, les plus actives et les plus utilisées sont préparées à l'état cristallin, à la suite d'un traitement thermique convenable.

Il m'a paru intéressant de poursuivre l'étude de ces phénomènes de phosphorescence, dans le cas particulier où ils sont obtenus par excitation électronique. Les principaux résultats trouvés sont les suivants :

I. *Du point de vue technique*, le procédé général adopté consistait à soumettre la substance étudiée à l'action des rayons cathodiques d'une ampoule de Crookes. Dans nos conditions, les électrons étaient produits sous une tension de 20000 volts environ. L'ampoule utilisée était d'un

(1) G. Urbain, *Ann. de Chim. et Phys.*, 18, 1909, p. 222.

modèle identique à celui décrit par Pierre Urbain pour l'observation des coupes minéralogiques ([1]) : c'est sur la plaque de verre amovible, opposée à la cathode du tube, que la poudre phosphorescente se trouvait répartie, sous forme de couche très mince et transparente. On peut obtenir de telles couches par dépôt lent du produit pulvérulent, à partir de sa suspension dans un liquide organique de densité convenable. Les grains de matière, déposés après évaporation totale du liquide volatil, adhèrent fortement à la plaque de verre et peuvent être utilisés sous cette forme. L'observation de la lumière émise est faite par transmission à travers la couche mince.

II. Dans les conditions précédentes, j'ai étudié la luminescence de différents échantillons de *tungstate de calcium.*

En premier lieu, ce composé, pris à l'état naturel et sensiblement pur, sous forme du minéral scheelite, donne une très vive phosphorescence de couleur blanc bleuté. Le spectre de la lumière émise est brillant et continu dans toute la région du visible.

D'autre part, un échantillon de tungstate de calcium a été préparé chimiquement, par action du nitrate de calcium sur le tungstate de sodium en solution. Le précipité obtenu, lavé et séché, se présente sous forme de poudre blanche micro-cristalline. On constate que sa luminescence cathodique est très faible.

Enfin, le même échantillon synthétique, chauffé à 800° pendant 10 minutes et refroidi brusquement, présente une phosphorescence très vive, analogue à celle du produit naturel Scheelite.

Il était difficile de rattacher à une cause purement chimique les différents comportements précédents. Au contraire, le rôle de l'état physique du composé dans les phénomènes signalés était plus apparent. En vue de préciser ce dernier point, nous avons soumis les 3 échantillons types à l'analyse spectrale par rayons X. L'étude comparée des diagrammes obtenus met en évidence les points suivants :

a, le *système cristallin est identique* dans les trois produits (système quadratique);

b, les cristaux de Scheelite et du tungstate chauffé sont *plus gros* que ceux du tungstate non chauffé à faible phosphorescence;

c, pour ce dernier échantillon, les raies de réflexion d'ordres supérieurs sont nettement plus floues que sur les autres diagrammes. On peut en conclure que les plans réticulaires cristallins sont *moins bien formés* dans le

---

([1]) *C. R. Soc. géol. France*, fasc. 8-9, 1935, p. 112.

tungstate obtenu par précipitation à froid, que dans les deux produits fortement phosphorescents.

Ces premiers résultats montrent qu'il existe une relation étroite entre la phosphorescence cathodique d'un produit et la qualité cristalline de ce dernier. Ils peuvent être rapprochés de conclusions antérieures relatives à la *photoluminescence* du tungstate de calcium ([1]), ainsi que de certains résultats obtenus avec le sulfure de zinc ([2]).

III. *Du point de vue chimique*, l'étude au spectre d'arc de la composition élémentaire du produit synthétique a montré, à côté du tungstène et du calcium, la présence de traces indosables d'argent. L'incorporation systématique, par diffusion thermique, de nouvelles quantités de l'élément argent au produit, a permis d'atteindre un optimum de phosphorescence bleu vif, pour une teneur en argent voisine de 1/1000. Par contre, l'addition de 1/100 de samarium au diluant fait virer la teinte bleue au rouge orangé vif; l'addition de 1/100 d'erbium enrichit au contraire la région verte du spectre de la lumière émise.

Cette deuxième série de résultats permet ainsi de préparer, à partir du diluant tungstate de calcium pur, par adjonction de faibles doses d'éléments de terres rares, une série de produits à vive luminescence de couleurs variées et *prévisibles*.

En résumé, les résultats précédents consistent en la reproduction et en l'amélioration, par voie de synthèse, d'un beau phénomène de phosphorescence cathodique, primitivement observé sur un minéral. Ils constituent, de plus, un exemple de luminescence où l'influence de l'*état cristallin* et *le rôle des phosphorogènes* sont particulièrement apparents.

SPECTROSCOPIE. — *Recherche de régularités dans le spectre* Cu III.
Note de MM. **Léon** et **Eugène Bloch**.

Les multiplets les plus importants des spectres Co I et Ni II sont aujourd'hui bien connus. Par contre on ne connaît pas de régularité dans le spectre Cu III, qui constitue le troisième terme de la série isoélectronique précédente. On peut citer seulement une Note de Rao ([3]), qui énonce une hypothèse relative à l'un des quadruplets fondamentaux de ce

([1]) E. Tiede et A. Schleede, *Zeit. f. Elektrochemie*, 29, 1923, p. 305.
([2]) Prevet, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1931.
([3]) *Zeitschrift f. Phys.*, 88, 1934, p. 135.

spectre ($^4F^{0\,4}F$). Cette hypothèse nous semble difficilement acceptable, car elle n'est accompagnée d'aucun contrôle tiré des quadruplets de la même famille prévus par la théorie ($^4D^{0\,4}F$, $^4G^{0\,4}F$).

Les propositions que nous faisons ici sont à l'abri de cette objection. Elles sont présentées pourtant avec quelque réserve, car les raies utilisées appartiennent à une région où les mesures de fréquences sont peu précises et où l'on n'a pas encore fait de séparation méthodique entre les ordres d'ionisation. On ne peut donc se guider dans la recherche des régularités que sur des considérations d'analogie et particulièrement sur les lois des doublets optiques. Nos suggestions, comme celles de Rao, reposent sur les données que nous avons publiées nous-mêmes dans nos travaux de 1914 et 1925 [1]. Nous les complétons par certaines indications puisées dans notre travail de 1932 [2].

Cu III.

Int.	λ.	N.		Int.	λ.	N.	
2d...	1858,59	53804	$^4G^0_4 - {}^2F_3$	6....	1651,71	60543	$^4G^0_5 - {}^4F_5$
2....	1826,54	54748	$^4G^0_3 - {}^2F_3$	8....	1642,00	60901	$^4G^0_6 - {}^4F_5$
3....	1784,00	56054	$^4D^0_3 - {}^4F_2$	1....	1639,70	60987	$^2F^0_3 - {}^2F_4$
2....	1776,47	56291	$^4D^0_4 - {}^4F_4$	6....	1628,00	61425	$^4F^0_4 - {}^4F_3$
0....	1772,72	56410	$^4G^0_3 - {}^2F_4$	4....	1625,88	61505	$^4F^0_3 - {}^4F_2$
2....	1760,97	56787	$^4D^0_3 - {}^4F_3$	0....	1621,54	61669	$^4G^0_4 - {}^4F_5$
1....	1755,15	56975	$^2D^0_3 - {}^2F_3$	4....	1609,49	62131	$^4F^0_2 - {}^4F_2$
4....	1751,76	57085	$^2G^0_4 - {}^2F_3$	4....	1606,50	62247	$^4F^0_3 - {}^4F_3$
6....	1750,45	57128	$^2G^0_5 - {}^2F_4$	4....	1600,02	62499	$^4F^0_4 - {}^4F_4$
1....	1740,36	57459	$^4D^0_2 - {}^4F_2$	1....	1597,21	62609	$^2D^0_3 - {}^4F_3$
5....	1739,54	57486	$^4D^0_4 - {}^4F_5$	5....	1593,62	62750	$^4F^0_5 - {}^4F_5$
4....	1728,15	57865	$^4D^0_3 - {}^4F_4$	0....	1590,87	62858	$^4F^0_2 - {}^4F_3$
2....	1718,50	58190	$^4D^0_2 - {}^4F_3$	2....	1579,27	63320	$^4F^0_3 - {}^4F_4$
1....	1716,46	58259	$^4D^0_1 - {}^4F_2$	3....	1570,11	63690	$^4F^0_4 - {}^4F_5$
6....	1708,87	58518	$^2D^0_2 - {}^2F_3$	1....	1568,64	63749	$^2G^0_4 - {}^4F_4$
6....	1705,39	58637	$^2D^0_3 - {}^2F_4$	0....	1567,31	63804	$^2F^0_4 - {}^4F_4$
5....	1702,06	58752	$^2G^0_4 - {}^2F_4$	00...	1539,73	64947	$^2G^0_4 - {}^4F_5$
4....	1700,91	58792	$^2F^0_4 - {}^2F_4$	2....	1514,54	66027	$^2F^0_3 - {}^4F_4$?
4....	1686,03	59311	$^2F^0_3 - {}^2F_3$				
5....	1684,41	59368	$^4G^0_5 - {}^4F_4$	5....	801,20	124813	$^2D^0_3 - {}^2D_2$
3....	1682,54	59434	$^4G^0_4 - {}^4F_3$	7....	791,47	126347	$^2D^0_2 - {}^2D_2$
3....	1677,20	59623	$^4G^0_3 - {}^4F_2$	7....	788,19	126873	$^2D^0_3 - {}^2D_3$
1....	1656,84	60356	$^4G^0_3 - {}^4F_3$	0....	787,20	127032	$^2F^0_4 - {}^2D_3$?
1....	1653,15	60490	$^4G^0_4 - {}^4F_4$	4....	778,76	128409	$^2D^0_2 - {}^2D_3$

(1) L. Bloch et E. Bloch, *Journ. de Phys. et Le Radium*, **6**, 1925, p. 157.

(2) L. Bloch, E. Bloch et J. Farineau, *Journ. de Phys. et Le Radium*, **3**, 1932, p. 437.

Nous signalons ci-dessus les combinaisons qui nous semblent probables entre les termes pairs du type $3d^9(^2D)$, $3d^8 4s(^4F, ^2F)$ et les termes impairs du type $3d^8 4p(^4D^0, ^4F^0, ^4G^0, ^2D^0, ^2F^0, ^2G^0)$. Il y a lieu de rechercher un contrôle de ces régularités dans l'analyse du spectre Zn IV, qui constitue le quatrième terme de la série isoélectronique en question.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les di-anthraquinonylguanidines.* Note de MM. **Martin Battegay** et **Eugène Riesz**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une première étude sur les anthraquinonylguanidines [1], nous avons donné une méthode de préparation pour produire, de façon générale, l'espèce renfermant, dans la molécule de la guanidine, un seul groupe anthraquinonyle. Nous rappelons qu'il s'agit, en principe, d'engager le dichlorhydrate de cyanamide sur des aminoanthraquinones ou leurs dérivés appropriés. Lorsque, dans ceux-ci, la fonction amine agissante se trouve en position α, l'opération conduit au produit de cyclisation de la guanidine correspondante, à une py-C-amino.1.9-pyrimidineanthrone. Afin de rapprocher davantage les composés que nous avons étudiés de certaines urées appréciées comme matières colorantes [2], qui possèdent dans leurs molécules, deux restes anthraquinonyle, nous avons étendu nos recherches aux guanidines de substitution semblable.

I. Cette substitution est réalisée par action, sur les monoanthraquinonylguanidines, de dérivés de l'anthraquinone disposant d'un substituant mobile, tel que l'atome de chlore.

La réaction effectuée, par exemple, dans le nitrobenzène bouillant, en présence de carbonate ou d'acétate de sodium déshydraté, pour capter le gaz chlorhydrique, et d'un peu de poudre de cuivre élémentaire, fournit, dans le cas de l'α-chloroanthraquinone et de la mono-β-anthraquinonylguanidine, un produit orangé, peu soluble dans la plupart des solvants habituels. Il peut être recristallisé dans l'acide acétique, et fond vers 340°. Contrairement à la guanidine de départ et, comme nous le montrerons plus loin, à une vraie dianthraquinonylguanidine, il est réfractaire envers l'acide

---

(1) M. Battegay et H. Silbermann, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 380; *Congrès de Madrid*, avril 1934.

(2) Jaune Helindon, 3 GN v. D. R. P. 236375; M. Battegay et J. Bernhardt, *Bull. Soc. chim.*, 33, 1923, p. 1510.

nitreux, et, en général, envers les acides minéraux étendus. La cuve à l'hydrosulfite est rouge et donne, sur coton, une nuance jaune d'or corsé, solide. Le nouveau composé répond, par ses propriétés, à la guanidine déshydratée, la py-C-β-anthraquinonylamino-1.9-pyrimidine-anthrone (pour 100 : N trouvé, 8,98; calculé, 9,27).

La mise en œuvre, dans les mêmes conditions, de l'α-chloroanthraquinone avec la py-C-amino-1.9-pyrimidineanthrone fournit l'isomère, la py-C-α-anthraquinonylamino-1.9-pyrimidineanthrone de nuance quelque peu plus orangée que le composé précédent; elle a le même pourcentage d'azote (9,18 pour 100), possède comme lui la passivité envers l'acide nitreux et les acides dilués. La cuve à l'hydrosulfite rouge produit, sur coton, une nuance orange également solide.

II. Une autre voie pour accéder aux guanidines recherchées est basée sur le principe de l'action d'un halogénure de cyanogène sur des arylamines primaires ou secondaires.

L'emploi, par exemple, de bromure de cyanogène, au sein du nitrobenzène chauffé à 170°, en tube scellé, avec la β-aminoanthraquinone, conduit à la di-β.β'-anthraquinonylguanidine sous la forme de son bromhydrate qui, insoluble dans la liqueur de réaction, se sépare avec netteté. Ce bromhydrate de couleur jaunâtre, n'est guère soluble dans l'eau où, en particulier, à chaud, il subit une décomposition partielle avec libération de la guanidine jaune orangé. Celle-ci est intégralement libérée par addition d'eau ammoniacale. La guanidine libre se dissout, à chaud, entre autres, dans le nitrobenzène, le xylène. Après purification, par dissolution et précipitation répétées, dans l'acide acétique, elle fond vers 260°. L'acide sulfurique à 96 pour 100 donne une liqueur orangée, d'où l'eau précipite un sulfate jaunâtre de la guanidine. La nuance orangée que produit sur coton la cuve de l'hydrosulfite rouge, vire facilement au jaune clair, avec des acides minéraux, même relativement étendus. La nature du composé contrôlée par les dosages d'azote de la base libre (pour 100 : trouvé, 8,70; calculé, 8,92) et du bromhydrate (pour 100 : trouvé, 7,29; calculé, 7,61), est confirmée, par l'action de l'acide nitreux qui conduit à l'urée correspondante, puis par celle du chlorure de benzoyle, qui permet d'obtenir des dérivés mono- et tribenzoylés. Seul le composé monobenzoylé teint le coton sous forme de cuve, et produit une nuance jaune parfaitement solide et passive envers les acides minéraux étendus.

La réaction au bromure de cyanogène donne, d'autre part, naissance à un produit orangé presqu'aussi abondant que le bromhydrate et qui,

contrairement à celui-ci, demeure dissous dans le nitrobenzène. Séparé de ce solvant, par une distillation à la vapeur d'eau, le produit continue à présenter, malgré un traitement à l'eau ammoniacale, une forte teneur en brome. Le produit purifié au moyen de benzène bouillant, où il est un peu soluble, fond vers 215°, et renferme 25,44 pour 100 Br et 7,73 pour 100 N. Ces résultats et l'ensemble du comportement chimique, entre autre, la faible basicité, incitent à supposer que la réaction avec le bromure de cyanogène comporte une bromuration ([1]) et une polymérisation ([2]) de la β-anthraquinonylcyanamide primairement formée. D'après cette hypothèse, qui fera l'objet d'une étude de contrôle supplémentaire, le produit bromé répondrait à un dérivé de la tri-β-anthraquinonylisomélamine tribromée. Il donne une cuve rouge qui teint le coton en jaune orangé nettement moins sensible aux acides que la coloration obtenue avec la guanidine précitée.

Le bromure de cyanogène agit sur l'α-amino-anthraquinone d'une manière similaire; le produit de la réaction semble toutefois être essentiellement constitué de dérivés de l'isomélamine.

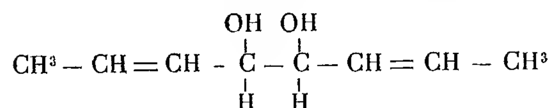
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse et constitution d'une diméthylhexite.* Note de M. **Joseph Wiemann**, présentée par M. Robert Lespieau.

Les oxydations du vinylpropénylglycol, et du dipropénylglycol de Charon, par le chlorate d'argent en présence d'acide osmique, m'ont conduit respectivement à une métyl- et à une diméthylhexites ([3]), et différentes considérations d'ordre théorique m'ont permis d'indiquer avec une quasi-certitude la constitution stéréochimique de la seconde.

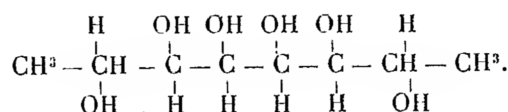
Celle-ci provient de l'oxydation du dipropénylglycol racémique. En effet le produit de Charon est un mélange de ce glycol avec son isomère stérique, le dipropénylglycol symétrique, que j'ai réussi à isoler cristallisé ([4]), or l'oxydation de ce dernier m'a fourni un autre représentant du groupe des diméthylhexites. J'ajoute que ce fait est en accord avec la formule stérique proposée par moi pour la diméthylhexite que j'ai décrite (*loc. cit.*).

([1]) Merz et Weith, *D. chem. Ges.*, 10, 1879, p. 756.
([2]) A.-W. Hofmann, *D. chem. Ges.*, 18, 1888, p. 3223; Arndt, *Lieb. Ann.*, 384, 1911, p. 350.
([3]) Wiemann, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 840.
([4]) Wiemann, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1654.

Pour avoir la nouvelle, on part du dipropénylglycol symétrique



ayant ses deux doubles liaisons en *trans*, et sur celui-ci l'addition des quatre OH, par le moyen que nous employons, s'effectue en *cis* (pour ces deux points voir la Note citée); nous connaissons donc les positions relatives des quatre OH voisins des extrémités. De plus la synthèse de la *dl*-mannite et de l'allodulcite ([1]), font prévoir que les deux OH voisins de ceux qui existaient avant l'oxydation se trouveront du même côté dans la formule plane, écrite comme il est d'usage, pour représenter le nouveau corps; tout ceci conduit à la formule



Cette constitution est confirmée par la comparaison des propriétés physiques des dérivés de ce composé avec celles des dérivés de l'allodulcite.

1° L'allodulcite donne un acétal dibenzoïque fondant à 249°-250° (bloc Maquenne), c'est-à-dire trente degrés environ plus haut que les autres acétals des hexites connus; or notre nouvelle diméthylhexite donne aussi un acétal dibenzoïque (pour 100 : C 67,6; H 6,79; théorie 68,3 et 6,74), et cet acétal fond presque aussi haut, 242° au bloc Maquenne, 237°-238° au tube capillaire.

2° J'ai préparé l'hexacétine de l'allodulcite, le corps obtenu (pour 100 : C 49,2; H 6,10; théorie 49,7 et 5,99) fond à 61°, température bien plus basse que celles où fondent les autres hexacétines cristallisées dérivant des hexites connues. Or la nouvelle diméthylhexite fournit une hexacétine (pour 100 : C 51,42; H 6,52; théorie 51,95 et 6,49) fondant à 108°,5, c'est-à-dire à une température toujours inférieure à celles de fusion des autres hexacétines, la différence étant ici un peu moins accentuée. On peut remarquer à ce propos que la différence des points de fusion de l'allodulcite, 149°-150°, et de la nouvelle diméthylhexite, 161°-162° (pour 100 : C 45,28; H 8,69; théorie 45,71 et 8,57) n'est plus que de 12° environ, tandis que

([1]) Lespieau et Wiemann, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1946; 195, 1932, p. 886.

les glycols qui ont servi à les obtenir, le divinylglycol symétrique, fusion 18°, et le dipropénylglycol symétrique, fusion 48°, présentent une différence, 30°, notablement plus grande.

3° Un autre argument peut être tiré du fait suivant : d'après les conditions de préparation de la diméthylhexite en question, il semble qu'on pourrait obtenir en même temps qu'elle deux isomères, qui seraient à celle-ci ce que sont la talite et la dulcite à l'allodulcite. Or, à côté du composant principal, nous avons obtenu en effet, mais avec un rendement très faible, des mélanges contenant deux composés fondant, l'un, une trentaine de degrés plus bas et, l'autre, une trentaine de degrés plus haut que le corps principal; ce sont là des différences de même sens, mais plus accentuées, que celles que présentent la dulcite et la talite avec l'allodulcite.

GÉOLOGIE. — *Sur les relations du Trias de Saint-Maximin (Var) avec la terminaison sud-orientale de la chaîne de Sainte-Victoire et avec la terminaison orientale de la chaîne de l'Olympe.* Note de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Charles Jacob.

La revision de la Carte géologique d'Aix-en-Provence au 1/80000e, en vue de la deuxième édition, m'a récemment donné l'occasion de reprendre et de préciser des observations que j'avais faites sur la terminaison SE de la chaîne de Sainte-Victoire et sur la terminaison E de la chaîne de l'Olympe. On sait que le tracé du grand affleurement triasique qui borde à l'Est ces terminaisons a été interprété comme le contact d'une nappe (= bande triasique de Rougiers et de Barjols) sous laquelle viendraient s'ennoyer les chaînes en question [1]. Or j'ai suivi pas à pas, pour ainsi dire, ce contact; je l'ai fréquemment coupé et les résultats de cette nouvelle analyse tectonique ne concordent pas avec l'hypothèse d'un Trias charrié.

En premier lieu, quelle disposition présentent les chaînons terminaux envisagés ? Deux bombements anticlinaux, déjà signalés par Collot, intéressent le Jurassique de la terminaison SE de Sainte-Victoire, immédiatement au sud de la grande plaine quaternaire de Saint-Maximin. Le premier, au Nord, forme le sommet et les versants de la colline cotée 437. Le second correspond à la colline du Defends et au culminant 614 et bute

(1) Émile Haug, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 21, n° 132, 1912, p. 130-139.

sur son bord nord contre le précédent. Ce deuxième bombement est bordé au Sud par la terminaison orientale de l'Olympe. Je signale ici quelques précisions nouvelles. Le premier anticlinal couronné par les calcaires séquano-kimeridgiens sous lesquels se disposent en voûte assez large les calcaires marneux de l'ensemble Callovien-Bajocien présente, sur son flanc sud, une torsion de ses couches supérieures qui s'enfoncent sous l'anticlinal suivant avec un chevauchement de ce dernier. En effet, sur ces calcaires de la voûte septentrionale viennent, avec un pendage S accentué, une lame de Bajocien et de Bathonien renversés, fragment de flanc inverse de l'anticlinal du Defends, puis quelques bancs de Rhétien et d'Hettangien froissés qui font partie du noyau du même pli. Vient ensuite le flanc normal comprenant une succession Domérien-Portlandien avec des réductions de quelques termes vers l'Est. Toutes ces dispositions marquent le déversement au Nord du deuxième bombement.

Contre ce dernier, au Sud, bute la zone axiale du pli principal de l'Olympe. Elle montre, au contact des Dolomies portlandiennes et des calcaires séquano-kimeridgiens de la seconde voûte, un Rhétien très laminé et souvent subvertical, un Hettangien net mais réduit, un Lias moyen et supérieur plongeant fortement au Sud, puis la succession Bajocien-Kimeridgien très redressée entre le vallon au nord de Berne et le petit sommet 606. Au-dessous de ce chevauchement de l'Olympe, le Jurassique supérieur du flanc sud de l'anticlinal du Defends est jalonné par une ligne W-E de puits ou de recherches de bauxite, mais les couches calcaires et gréseuses du synclinal néocrétacé de Pourcieux s'effilent ici, au sud-est de la bastide Patissoron, comme l'avait observé Collot.

Voyons maintenant les relations de ces trois successions jurassiques avec le Trias largement étalé à l'Est. Nulle part je n'ai constaté leur ennoyage sous ce Trias. Au contraire, les plongements attentivement relevés montrent leur évidente superposition sur le Trias. Les seules anomalies qui apparaissent le long de la limite occidentale du Trias sont, d'une part, un sens et une allure de plissement de ce terrain localement indépendants des bombements et des déversements de sa couverture (¹), d'autre part les décollements plus ou moins accentués de cette dernière. Dysharmonie et étirements précisément remarquables aux environs de Saint-Maximin.

Au sud du village, les affleurements triasiques bordent à peu près cons-

(¹) Fait connu en d'autres points des Chaînes Provençales et très apparent ici.

tamment la route nationale 560 et les anticlinaux aigus que forme le Muschelkalk conservent une direction NNE-SSW. Les flancs occidentaux de ces plis, de même que les témoins de Keuper qu'ils supportent, plongent à l'Ouest sous le Bajocien et le Bathonien des terminaisons de l'Olympe ou de Sainte-Victoire. Mais la direction qui caractérise ces terminaisons est W-E dans l'ensemble et le bord des affleurements jurassiques semble prendre en écharpe le Trias. En un point même, à l'ouest de la route nationale, en contrebas de la voie aurélienne, le contact paraît brutal et revêt une allure de faille avec une butée du Séquanien-Kimeridgien subvertical contre le Trias. Plus au Sud, le décollement des assises qui abordent de biais le Muschelkalk subvertical ou le Keuper plongeant à l'Ouest intéresse ensuite le Crétacé supérieur lacustre de la dépression des Recours et les bancs portlandiens qui encadrent ce synclinal. Mais s'il restait le moindre doute quant aux relations de la série inégalement décollée et du Trias sous-jacent, des faits constatés à 4^{km} au sud et à quelque $2^{km},5$ au nord-est de Saint-Maximin seraient très démonstratifs. En ces deux endroits, les cargneules et les marnes du Keuper qui surmontent un Muschelkalk plongeant fortement à l'Ouest s'engagent nettement *sous* un Rhétien étiré, un Hettangien réduit, un Lias supérieur laminé et redressé, un Jurassique allant du Bajocien aux Dolomies portlandiennes. De plus, fait remarquable, s'il persiste une certaine dysharmonie dans l'accentuation des accidents qui affectent le Trias et sa couverture, le sens général des plongements à l'Ouest devient ici le même et souligne la superposition normale. Ainsi, le Trias de Saint-Maximin, quels que soient les plissements indépendants qui le caractérisent, *supporte* les séries liasiques et jurassiques des terminaisons de l'Olympe et de Sainte-Victoire, avec des phénomènes plus ou moins marqués de décollement au contact.

GÉOLOGIE. — *Sur les laves de l'Adrar des Asger.* Note de MM. **Robert Perret** et **Jacques Bourcart**, présentée par M. Charles Jacob.

L'un de nous a pu, l'an dernier, reconnaître la partie centrale de l'Adrar [1].

Le massif se présente sous la forme d'un empilement de coulées,

(1) Robert Perret, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1338. C. Kilian avait, en 1928, examiné le revers méridional de l'Adrar; voir de cet auteur : *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1436 (Note de M. R. Perret).

surmontées par quelques cônes stromboliens, atteignant de 1900 à 2050^m d'altitude. Presque toutes les coulées ont conservé leurs scories; elles sont donc récentes; les dernières se sont répandues, en suivant des *barrancos* entaillés dans l'entassement des précédentes; celles dont l'extension est la plus lointaine vont jusqu'aux vallées creusées dans les grès inférieurs sur le pourtour du massif.

Les échantillons recueillis sur l'Adrar sont des basaltes à grands cristaux d'olivine. Voici la diagnose de l'un d'eux, de couleur gris foncé, recueilli à 1740^m d'altitude, près de l'Oued Inaouer :

A l'œil nu, il montre de beaux cristaux d'olivine et des vacuoles remplies de zéolites et de calcite.

Au microscope, on aperçoit de grands phénocristaux d'olivine corrodée et même perforée. Celle-ci est altérée sur le pourtour en bowlingite; cette carapace est elle-même bordée, pour les plus petits phénocristaux, par une nouvelle couronne de péridot, d'une autre biréfringence que le grand cristal.

La pâte renferme de très fins microlites de labrador entourant des grains de magnétite ou d'olivine, souvent transformée en bowlingite; des microlites plus grands d'augite titanifère, violacée, sont moins abondants.

Cette pâte est assez souvent envahie par de grands cristaux de calcite; quelques-uns sont entourés d'une couronne ferrique brune.

Au contraire, la coulée de laves qui, par suite d'une inversion du relief, forme une crête au milieu de la vallée de l'Oued Ardad, est constituée par une ankaratrite.

A l'œil nu, c'est une roche mélanocrate, compacte, avec de très petits phénocristaux.

Au microscope, des phénocristaux d'augite violacée, très craquelés et souvent groupés en bouquet, englobent des grains d'olivine avec une une couronne de bowlingite; ceux-ci sont également répandus dans la pâte, mais assez rares.

La pâte comporte des microlites d'augite très abondants entourant des grains de magnétite et parfois des cristaux de néphéline, avec un verre brunâtre.

Il paraît donc que le massif de l'Adrar est essentiellement constitué par des roches à facies basaltique, les unes à déficit de silice et les autres saturées, formant des coulées superposées. Seul l'Azéo Settefen possède une structure différente; il n'a pas de cratère visible; toutefois sa masse tabulaire est surmontée par un piton.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte de nouveaux témoins de Trias supérieur marin dans le synclinal du Haut-Laos*. Note de M. **Jacques Fromaget**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans de précédentes Notes (¹), j'ai montré l'existence de ce synclinal; j'en ai fait connaître les faunes recueillies entre la frontière chinoise au Nord de Laichau et Luang Prabang; enfin, tenant compte de considérations tectoniques et paléogéographiques, je l'ai prolongé vers le Sud-Sud-Ouest jusqu'au golfe du Siam par la vallée du Ménam. De nouvelles découvertes faites entre Saniabouli et Ta Dua, à 80^{km} au Sud-Sud-Ouest de Luang Prabang, viennent encore étayer cette prolongation.

Il s'agit de trois gisements, disposés le long d'une étroite bande recouverte par les alluvions du Nam Houng, tribulaire du Mékong, et de son affluent le Nam La, dans les vallées desquels ils affleurent. Cette bande est dominée à l'Ouest par le Terrain Rouge, argilo-gréseux, qui, au moins localement, la recouvre; à l'Est elle paraît venir butter contre des porphyrites et des calcaires ouralo-moscoviens visiblement disposés en écailles. Les terrains les plus récents de son substratum, à savoir de l'Ouralien vert gréso-schisteux et noduleux, m'ayant donné un pygidium de *Griffithides* de grande taille, se voient dans les collines à l'Ouest de la plaine de Saniabouli.

Compte tenu de ce qui précède, la coupe transversale du synclinal triasique du Haut-Laos apparaît de la manière suivante, d'Est en Ouest :

1° *Carnien*. — Schistes marneux, bruns ou gris, tout d'abord sans fossiles, puis contenant un peu plus loin de nombreuses *Halobia comata*.

2° Au-dessus viennent des alternances de schistes gréseux et de calcaires gris-noirs en lits minces avec :

a, à leur base : *Halobia pluriradiata*, *Gervillia* sp.

b, au milieu : *Placites polydactylus*, *P. Sakuntala*, *Orthoceras* sp. *Rhynchonella* aff. *Coulanti*, *Halobia* sp. et *Nucula timorensis*.

c, au sommet : quelques Lamellibranches indéterminables.

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1138; *Contribution à l'étude structurale du Sud-Est de l'Asie*. I. Essai sur l'évolution paléogéographique de l'Indochine et des contrées avoisinantes, depuis le Permien jusqu'au Lias (Introduction à la tectonique des Indosinides et des plissements plus récents), Le-Van-Tan, Hanoï, 1934, planche finale.

La suite de la coupe est masquée par des alluvions sous lesquels se montrent, un peu au Nord de Saniabouli :

3° Grès poudingues bleus.

4° Grès violets, très durs, dont un bloc roulé, recueilli dans le lit du Nam La, m'a donné la faune de Lamellibranches suivante : *Myophoria elegans*, *M. cf. Goldfussi*, *M. Emmerichii*, *Gonodus* aff. *subastatiformis*, *Macrodon* aff. *Curionii*, (?) *Anodontophora* sp. et *Myoconcha* sp. (forme du Norien de Séran figurée par Krumbeck), *Protocardia subrhætica*, *P. contusa*, *Ostrea Montis Caprilis* et *Gervillia* sp.

N. B. — Les couches nos 2 et 3 représentent le passage du Carnien au Norien moyen, les couches 4 pouvant être déjà rangées dans le Norien inférieur.

5° *Norien moyen ou supérieur.* — Au-dessus et en discordance très nette viennent les argiles gréseuses du Terrain Rouge, contenant quelques lits de teinte jaune ou verte. De minces couches schisto-gréseuses brunes, intercalées dans les lits jaunes, sont couvertes d'empreintes d'une grande espèce de Gervillie présentant de remarquables affinités avec *G. præcursor*.

La direction générale de toute ces formations est au Nord-Nord-Est; quant au pendage, il est subvertical et généralement à l'Ouest, sauf pour 5 ou les couches sont inclinées à l'Est de 15 à 20° seulement.

Dans cette coupe, les schistes à *Halobia comata* paraissent synchroniques du Carnien de Muong Heup (*loc. cit.*, *Comptes rendus*) et de Sang-Hai, ainsi que de la base de la série versicolore de Luang Prabang. Les schistes et les calcaires à *Halobia pluriradiata* et *Placites* prolongeraient, vers le Sud, les formations de même faciès de Pak-Ou et de Sang-Hai; elles seraient en outre contemporaines des grès violets du Nam La qui appartiennent à la série versicolore. Enfin le Terrain Rouge, avec ses intercalations à *Gervillia* aff. *præcursor*, se placerait au niveau des grès rouges du Pou Say, c'est-à-dire, au-dessus des calcaires à Térébratules de Luang Prabang qui n'ont pas encore été rencontrés dans la région de Saniabouli.

Les affinités des faunes de ces gisements sont avec l'Extrême-Orient (Indes, Birmanie et Insulinde) beaucoup plus qu'avec les Alpes et l'Asie Mineure, dont elles contiennent cependant des représentants.

Au point de vue tectonique, la coupe de Saniabouli nous montre le synclinal du Haut-Laos avec ses sédiments de mer profonde, chevauché à l'Ouest par les dépôts littoraux de la bordure orientale du Haut-Laos, poussé à l'Est contre le flanc occidental écaillé de l'Indosinia, puis finalement recouvert par le Terrain Rouge du Norien moyen ou supérieur, largement transgressif au-dessus des continents.

GÉOLOGIE. — *Le Turonien des environs de Cassis et les mouvements crétacés en Provence Occidentale.* Note (¹) de Mlle **Hélène Arlaud**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Turonien de l'auréole occidentale du Bassin du Beausset a été l'objet de nombreuses observations stratigraphiques résumées dans une récente monographie (²). Les variations de faciès de cet étage aux environs de Cassis ont particulièrement frappé l'attention, et l'on peut suivre dans une très belle coupe naturelle les passages de formations calcaréo-marneuses néritiques (Est de la Bédoule) à des formations détritiques littorales (Cap Canaille).

Étudiant une faune turonienne que j'ai recueillie au Pas d'Oullier-Les Jeannots, et qui s'ajoute à celles incluses dans les collections marseillaises (Faculté, Muséum), j'ai été amenée à examiner de près le Crétacé supérieur de cet ensemble.

Le Turonien, marno-calcaire, est puissant de 210^m. Le Ligérien (50^m) très riche en Ammonites, repose sur le Cénomanien (130^m) dans lequel calcaires marneux, grès et sables se succèdent rapidement, pour se terminer par un banc de calcaire très dur à *Exogyra columba* et *Alectryonia flabellata*. L'Angoumien (160^m) est caractérisé surtout par des Polypiers et des Rudistes. La coupe du col d'Oullier est particulièrement suggestive; le Cénomanien, surmonté par le banc dur à *E. columba*, qui est ici très corrodé, est recouvert transgressivement par les assises suivantes :

a. Banc corrodé avec lithophages en place et *E. columba* remaniées;

b. Bancs calcaires rougeâtres à surfaces taraudées, avec de nombreux Céphalopodes : *Mammites nodosoïdes* Sch., *Neoptychites Bauxi* Reyn., *Thomasites Rollandi* Th. et P., *T. Meslei* Perv., etc.;

c. Alternance de marnes sableuses jaunes et de bancs calcaires marno-sableux à *Thomasites Rollandi*, ses variétés *globosa* Perv. et *tuberculata* Perv., *T. Meslei* et sa var. *globosa* Perv., *Mammites nodosoïdes*, *M. armatus* Perv., *M. Revelieranus* Court. (= *Rochebrunei* Coq.), *Fagesia superstes* Koss., *Periaster Verneuili* Des.;

d. Bancs calcaires durs plus ou moins rognoneux peu fossilifères;

e. Calcaires à Sphærulites angoumiens.

Dans toutes les couches marneuses abondent de petits Lamellibranches

(¹) Séance du 3 juin 1935.

(²) J. Repelin, *Description géologique des Bouches-du-Rhône* (*Encyclopédie départementale*, Marseille, 1930, p. 55 et suiv.).

(Cardiidés et Ostracés), des Gastéropodes (Tylostomes et Natices), des Échinides (*Periaster*, *Hemiaster*, *Epiaster*).

Biologiquement, cette faune apparaît comme formant un trait d'union entre la faune classique du Tuffeau de Saumur [1] et celle de Tunisie [2]. Si les espèces de l'Ouest de la France (*Mammites*) y sont richement représentées, les formes tunisiennes (*Thomasites*) sont encore plus abondantes. Par contre, les espèces portugaises reconnues dans le Turonien du Gard [3] font défaut.

Océanographiquement, la coupe d'Oullier est caractérisée par *l'instabilité du fond marin;* Cénomanien remanié, bancs taraudés du Ligérien, couches en biseau dans l'Angoumien, sont les signes de mouvements turoniens qui s'ajoutent à ceux déjà connus dans le Crétacé provençal.

En effet, dès la partie moyenne de l'Aptien, ces essais orogéniques s'ébauchent : début de formation de la Bauxite en certains points. Ailleurs, le facies marneux de l'Aptien prend une allure littorale avec sables détritiques (Facies de Fondouille). Pendant l'Albien, c'est une longue période d'émersion générale, à l'exception d'un territoire limité sur le revers septentrional de la Nerthe et près du Revest. Puis, au Vraconnien, la transgression se montre hésitante (Bancs corrodés des Lombards à Cassis), avant de devenir majeure pendant le dépôt des grès à *Orbitolina concava* et des calcaires à Exogyres, tandis que les récifs à Ichthyosarcolites s'installent non loin des rivages.

Mais cette transgression est vite enrayée par un nouvel exhaussement du fond, synchronique du soulèvement progressif de la chaîne des Maures, car les poudingues torrentiels du Cap Canaille sont formés surtout de quartzites et de schistes anciens. Les dépôts néritiques du Turonien sont également affectés par des mouvements qu'accusent des transgressions et des discordances de détail; ils sont même démantelés plus au Nord (Plan d'Aups), avant l'arrivée de la mer sénonienne. Celle-ci, à son tour, transgresse largement, mais pour peu de temps, car bientôt s'établit le régime lagunaire et continental, marqué lui aussi par des érosions et des ravinements.

Ainsi donc, s'il faut reconnaître dans les phénomènes orogéniques pro-

---

(1) De Grossouvre, *Recherches sur la Craie supérieure* (*Mém. Carte géol. de la France*, 1893, p. 308).

(2) Pervinquière, *Études de Paléontologie Tunisienne* (*Carte géol. de la Tunisie*, 1907, p. 254).

(3) Faraud, *Bull. Soc. S. Nat. de Vaucluse*, 5, 1, 1934, p. 11.

vençaux une première phase d'âge antécénomanien, il faut noter que ces mouvements ont persisté d'une manière plus ou moins accusée pendant le Cénomanien, pendant le Turonien, et qu'ils ont été à peu près continus pendant tout le Crétacé supérieur, la phase du paroxysme étant post-lutétienne.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *L'acide cyanhydrique chez le* Pyrocydonia Winkleri *L. D.* Note [1] de M. **Marcel Cormier**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Le *Pyrocydonia Winkleri* fut découvert en 1913 par M. Lucien Daniel. Il avait fortuitement pris naissance sur une des racines du Cognassier servant d'hypobiote ou sujet à un Poirier Beurré Aurore conduit en forme de U [2]. Il fut transplanté dans les jardins du Laboratoire de Botanique appliquée où il existe toujours; il y a été multiplié par greffe et par bouture.

Nous avons recherché comment se comporte le glucoside cyanhydrique, qui existe dans le parent Cognassier, mais non dans le parent Poirier.

Recherche de l'acide cyanhydrique. — 100^{g} de feuilles du *Pirocydonia Winkleri* ont été broyés au hachoir universel et mis à macérer avec 200^{g} d'eau distillée dans laquelle nous avons ajouté un peu d'émulsine. Un papier picrosodé de Guignard placé dans le flacon rougira bientôt fortement.

D'autre part, après 24 heures de macération, nous avons distillé et recueilli 100^{cm^3} de distillat, dans lequel nous avons d'abord caractérisé l'acide cyanhydrique par la formation de bleu de Prusse.

Dosage de l'acide cyanhydrique. — Dans le distillat de 200^{cm^3} de la macération précédente nous avons dosé l'acide total par la méthode de Denigès et trouvé que 1000^{g} de feuilles fraîches de *P. Winkleri* fourniraient $0^{g},903$ d'acide.

Le même procédé, appliqué au *Cydonia vulgaris*, fournit $0^{g},116$ d'acide pour 1000^{g} de feuilles fraîches.

---

(1) Séance du 27 mai 1935.

(2) Lucien Daniel, *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 995.

A 15 jours d'intervalle le même dosage, dans les mêmes conditions, pour 1000^{g} de feuilles fraîches, a fourni : pour *Pirocydonia Winkleri*, 0^{g},421 d'acide cyanhydrique; pour *Cydonia vulgaris*, 0^{g},059 d'acide.

Conclusion. — Comme le parent *Cognassier*, l'hybride *Pirocydonia Winkleri* est susceptible de fournir de l'acide cyanhydrique, qui existe dans la plante à l'état d'hétéroside [1].

La teneur en acide cyanhydrique est fortement augmentée dans l'hybride par rapport à son parent Cognassier et cela dans la proportion de 7 pour 1.

La teneur en acide cyanhydrique diminue à mesure que la végétation se développe.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les glucides de la farine et de la pâte.* Note de MM. **Henri Colin** et **Henri Belval**, présentée par M. Marin Molliard.

Les glucides solubles et non défécables représentent tout au plus 1 pour 100 de la farine de Blé, soit 0,10 à 0,15 de sucres réducteurs et le double environ de saccharose; le reste est de la lévosine, le fructosane découvert par Tanret dans les farines et dont nous avons fait connaître la genèse et les vicissitudes chez les Céréales. L'ensemble est optiquement neutre ou à peu près, mais dévie fortement à gauche après hydrolyse ($[\alpha]_D = -55°$ en moyenne). Les pouvoirs rotatoires augmentent avec le taux d'extraction, le son et le germe étant l'un et l'autre exempts de lévosine, riches, le premier en saccharose, le second en saccharose et raffinose. L'addition de farines de Légumineuses à stachyose produirait le même effet (analyses 1, 2, 3).

Il est impossible désormais de s'en tenir aux analyses anciennes de farines, toutes effectuées de telle sorte qu'on englobe, sous la rubrique saccharose, tous les glucides solubles et saccharifiables, non seulement la lévosine, mais les pentosanes difficilement précipitables par le plomb, les dextrines et le maltose s'il s'en forme durant le contact de l'eau avec la farine. A. Girard et Fleurent trouvent ainsi, dans les farines blutées à 30 pour 100, jusqu'à 2 pour 100 de saccharose.

Lorsqu'on met la farine *en pâte* (farine 100^{g}, eau salée à 1,5 pour 100,

---

[1] Bourquelot et Mlle Fichtenholz, *J. P. C.*, 7e série, 2, 1910, p. 104.

60^{cm^3}) et qu'on l'abandonne pendant 4 heures à la température de 27°, il se fait du maltose en abondance; ni le saccharose, ni la lévosine ne sont sensiblement hydrolysés, le pourcentage des hexoses libres augmente à peine (analyse 4).

La pâte additionnée de levure pressée (1 pour 100, marque Impériale), lève rapidement. Au bout d'une heure, à 27°, on ne retrouve plus de saccharose. Durant ce temps, la teneur en maltose ne cesse de croître, d'où l'augmentation *simultanée* du pouvoir réducteur et de la rotation polarimétrique. Pendant la deuxième heure, il se fait à peu près autant de maltose qu'il s'en détruit, mais ensuite, la fermentation prend nettement de l'avance, et l'on retrouve d'autant moins de maltose que la levée de la pâte a duré plus longtemps. Après 4 heures, il n'y en a plus que 0,8 pour 100 environ lorsque nous employons la farine de notre boulanger parisien (analyse 5), 0,3 pour 100 seulement avec une farine de blé de pays, que nous tenons des Grands Moulins de Paris (analyses 6, 7, 8, 9). Il s'en faut d'ailleurs que l'extrait alcoolique de la pâte fermentée ne renferme d'autre glucide que le maltose; même après défécation mercurique ou tungstique, son pouvoir rotatoire ne dépasse guère + 80 dans les cas les plus favorables, au lieu de + 138 pour le maltose anhydre, et il descend beaucoup plus bas avec les farines de faible pouvoir amylolytique; de plus, l'hydrolyse le fait baisser de plus des trois quarts, souvent même le rend négatif, et il y a toujours, à côté du glucose, une forte proportion de fructose. Cela ne s'explique que par la persistance de la lévosine dans la pâte levée. On l'en retire en effet, sans trop de peine, et d'autant plus facilement qu'il y reste moins de maltose. Rebelle, ou à peu près, à l'action des macérations rapides de levures, la lévosine est saccharifiée à la longue par les autolysats antiseptiques âgés de quelques semaines, plus vite par les levures de boulangerie que par celles de brasserie, comme c'est de règle pour les fructosanes. De toute façon, l'hydrolyse est lente dans la pâte; on y retrouve en moyenne, après 4 heures de fermentation, la moitié de la lévosine de la farine.

Stérilisée par l'alcool à 85° bouillant, débarrassée à chaud et sous vide des traces d'alcool qu'elle retient énergiquement, et mise en pâte après restitution de l'extrait alcoolique, la farine ne manifeste plus aucune activité diastasique; l'analyse y révèle, après 4 heures à 27°, les mêmes éléments qu'au début (analyse 10).

Additionnée de levure, cette pâte fermente, mais petitement, ses moyens étant restreints aux glucides de l'extrait alcoolique. La quantité d'alcool

qui prend naissance dans ces conditions n'augmente plus guère au bout d'une heure et se trouve comprise entre 0,10 et 0,15 pour 100 de farine, suivant les cas. C'est à peu près ce qu'il s'en fait à partir de l'extrait alcoolique lui-même traité séparément. Après fermentation, il ne reste plus ni saccharose ni sucre réducteur, mais seulement la lévosine que l'on retrouve à peu près intacte (analyse 11).

L'essentiel de tout ceci est contenu dans le tableau ci-dessous :

Glucides pour 100 de farine.

Nos.	$[\alpha_1]_D$.	$[\alpha_2]_D$.	Sucre total.	Hexoses.	Saccharose.	Lévosine.	Maltose
			Produits de mouture :				
1. Farine blanche....	−12	−50	1,00	0,10	0,25	0,60	0
2. Sons............	+52	−19	2,70	0,20	2,20	0	0
3. Germes..........	+83	− 4	9,20	0,20	5,20	0	0
			Farine de boulangerie normale :				
4. Pâte sans levure...	+88	+18	2,85	0,17	0,22	0,60	1,79
5. Pâte avec levure...	+76	+ 8	1,27	0	0	0,34	0,92
			Farine de blé de pays :				
6. Fermentée 1 heure.	+40	−13	1,50	0,18	0	0,67	0,63
7. » 2 » .	+58	−10	1,32	0	0	0,62	0,70
8. » 3 » .	+43	−13	1,00	0	0	0,54	0,46
9. » 4 » .	+18	−18	0,59	0	0	0,35	0,24
			Farine de boulangerie stérilisée :				
10. Pâte sans levure...	0	−43	0,89	0,14	0,23	0,50	0
11. Pâte avec levure...	−20	−60	0,40	0	0	0,40	0

On voit que le saccharose est loin d'atteindre, dans les farines blanches, le pourcentage que certains auteurs ([1]) voudraient lui attribuer. Son rôle n'en est pas moins essentiel au début de la fermentation panaire. Après quoi, c'est le maltose, issu de l'amylolyse, qui entretient le phénomène, la pâte où il prend naissance étant un milieu des plus favorables à la fermentation ([2]). Quant à la lévosine, elle se retrouve en partie dans la pâte levée.

([1]) Guillemet, Schell et Le Fur, *Bull. Chim. biol.*, 16, 1934, p. 1211.

([2]) Génevois et Pavloff, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 690.

CYTOLOGIE. — *La structure nucléaire étudiée* in vivo *par la méthode de la photographie ultraviolette*. Note de M. **Basile Luyet**, présentée par M. Félix Mesnil.

On a démontré que le pouvoir de résolution du microscope peut être environ doublé par l'usage de la lumière ultraviolette et l'emploi d'objectifs en quartz à immersion à la glycérine ([1]). On a établi d'autre part que la chromatine est particulièrement opaque aux rayons ultraviolets, faisant ainsi contraste avec le cytoplasme qni est beaucoup plus transparent ([2]). Ce double avantage que présente la microscopie à l'ultraviolet n'a cependant pas été sérieusement mis à contribution par les biologistes, quoique les objectifs en quartz soient en vente depuis plus de trente ans. Dans cette Note, nous décrivons les observations que cet appareil nous a permis de faire dans l'étude du problème classique de la structure physique du caryoplasme.

Nous avons photographié le noyau végétatif des paramécies, à la lumière ultraviolette de 2750 Å, du spectre du cadmium. Les paramécies étaient immobilisées par l'application d'une légère pression sur la lame couvre-objet, mais aucun fixateur ni aucun colorant n'a été employé.

Dans ces conditions, le noyau ne présente pas du tont l'homogénéité généralement décrite chez les noyaux vivants observés avec le microscope ordinaire. On y remarque nettement deux phases : une phase transparente, plus ou moins homogène, qui forme le fond de la figure, et une phase opaque, consistant en traînées noires sur la photographie, et que nous nous figurons comme des rubans ou des *guirlandes*. Le diamètre de ces guirlandes est d'environ 1^{μ}; leur longueur ne peut être déterminée avec certitude, car souvent l'une des extrémités pénètre en profondeur dans le noyau et est perdue de vue, mais nous avons mesuré des tronçons de 8 à 10^{μ}. Leur épaisseur est souvent uniforme sur une assez grande longueur; par contre, quelquefois, elles paraissent formées de gros grumeaux inégaux, irrégulièrement attachés en filandres. Même les formes à épaisseur uniforme n'ont pas un contour nettement tranché, on a l'impression qu'elles sont formées de très fines masses grumeleuses. Les guirlandes sont quel-

([1]) A. Köhler, *Zeitschr. f. wiss. Mikr.*, 21. 1904, p. 150.

([2]) F. Lucas et M. Stark, *Journ. of Morph.*, 52, 1931, p. 91.

quefois enchevêtrées les unes dans les autres et donnent à l'ensemble un aspect plus ou moins réticulé; d'autres fois elles se dirigent vers la périphérie du noyau en lignes sensiblement parallèles, comme si elles croissaient ensemble en se partageant l'espace qui leur est offert. Elles empiètent souvent dans le cytoplasme, traversant par-ci par-là l'espace relativement plus clair qui sépare le noyau du cytoplasme, et donnant, à plus faible grossissement, l'aspect d'une certaine gradation continue entre ces deux parties de la cellule. Jamais la moindre trace de membrane nucléaire n'a été observée. Dans les paramécies mortes, le noyau et le cytoplasme sont contractés et laissent entre eux un espace plus large, mais ici encore on ne remarque rien qui donne l'idée d'une membrane (1).

La forme de nos guirlandes d'une part, leur absorption des rayons ultraviolets d'autre part, font penser aux filaments spirèmes; mais parler de spirèmes dans les noyaux végétatifs des paramécies, supposés ne contenir que de la trophochromatine, semble trop inorthodoxe à l'heure actuelle pour qu'on puisse s'aventurer plus avant sans posséder de plus abondantes données d'observation.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Floculation localisée des colloïdes dans la cellule par la micropuncture ultraviolette*. Note de M. **Serge Tchakhotine**, présentée par M. Maurice Caullery.

En 1921, j'ai pu démontrer (2) qu'en irradiant un œuf d'oursin (*Strongylocentrotus lividus*) avec un faisceau très étroit de rayons ultraviolets (*méthode de micropuncture ultraviolette*) sur un point de sa surface, on obtient un accroissement localisé de la perméabilité à l'eau et aux substances dissoutes dans l'eau de mer. Par les travaux de Lepeschkin (3) et d'autres, on connaît aussi le fait, que, dans les cellules végétales, la perméabilité augmente sous l'action de la lumière. D'après la théorie mosaïque de la perméabilité cellulaire, la surface de la cellule est constituée par un réseau de points micellaires lipoïdiques et protéiques, qui alternent. Ainsi se trouverait expliqué le fait que la cellule est perméable aux substances liposolubles, telle que les anesthésiques, et en même temps à l'eau, au sucre, à l'urée etc., qui ne pourraient pas passer à travers une

(1) Les photographies seront reproduites dans *Biodynamica*.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 74, 1921, p. 464.
(3) *Amer. J. Bot.*, 17, 1930, p. 953.

couche entièrement lipoïde. Certaines substances, ayant de grosses molécules, ne passent que quand la perméabilité est accrue par l'action de facteurs, agissant en ce sens sur la surface cellulaire. Ceci laisse supposer que les pores du réseau pourraient s'élargir à la suite de certaines actions. Il est aisé de concevoir, qu'il en serait ainsi dans le cas où il y aurait un rétrécissement du réseau, par coagulation des colloïdes protéiques de la surface, ce qui devrait agrandir les pores.

Je me suis proposé de vérifier ces suppositions, en cherchant à voir si une irradiation *localisée* du cytoplasme, riche en protéines à l'état colloïdal, était suivie de précipitation. Dans ce but, j'ai appliqué ma méthode de micropuncture à l'ultramicroscopie. Des recherches préliminaires m'ont montré qu'en irradiant localement, par des rayons ultraviolets, à l'éclairage ordinaire, une hématie de Grenouille et en l'observant au moyen d'un condensateur paraboloïde, on constatait, dans le cytoplasme optiquement vide, l'apparition d'un point blanchâtre, qui augmentait et envahissait en peu de temps toute l'hématie. L'effet était assez visible, mais il était possible que la floculation, dans le cytoplasme même, était due à la pénétration des ions du milieu par un point de la surface de l'hématie, lésée par la micropiqûre. On devait pouvoir observer l'effet, pendant la piqûre même, la floculation restant localisée.

J'ai pu obtenir ce résultat en me construisant un prisme de Cotton en quartz, dans lequel l'éclairage au fond noir était réalisé par les rayons d'une lampe à arc de tungstène tombant d'en haut sur la face oblique du prisme. Le faisceau ultraviolet, qui sert à la micropiqûre, traversait le prisme en quartz par le bas. En localisant alors la piqûre sur le cytoplasme optiquement vide d'une *Amœba verrucosa*, on voit apparaître, pendant l'irradiation même, une nébulosité, qui se transforme en un coagulum blanc, dont les contours ne dépassent point les limites de la micropiqûre. Si l'on donne à la micropiqûre la forme d'un trait allongé, la zone floculée dans le cytoplasme prend aussi l'aspect d'une raie blanche, traversant la cellule. Un autre disposisif, que j'ai pu réaliser, pour l'observation des effets de la micropiqûre ultraviolette sur les colloïdes du cytoplasme, consiste en l'emploi de l'épicondenseur W de Zeiss, qui permet aussi d'obtenir l'éclairage à fond noir par lumière incidente, en laissant libre, comme d'ordinaire, au passage du faisceau ultraviolet. Dans ce cas l'objet à étudier est comprimé dans mon micro-compresseur.

On n'arrive pas à avoir un effet aussi net avec la grande *Amœba proteus*, à cause du fait que sa locomotion est relativement rapide et les parties du

cytoplasme irradiées sont trop rapidement remplacées par des nouvelles. Mais, en l'irradiant totalement avec les rayons ultraviolets, on voit aussitôt l'amibe se cytolyser : alors, tout son corps prend l'aspect du cytoplasme coagulé. Si l'on irradie un point de l'ectoplasme, optiquement parfaitement vide, d'une *A. proteus*, on voit bientôt que son contour apparent devient, en ce point, très luisant et prend un aspect ridé. On voit apparaître, au milieu de la couche transparente, noire, une nébulosité très fine, localisée et constituée de très petites particules en mouvement brownien : il y a donc floculation aussi dans ce cas ([1]). Pfeiffer a montré, que la floculation des colloïdes du cytoplasme est plus prononcée dans un milieu, dont le pH est voisin de leur point isoélectrique. Ce dernier, étant, chez les Amibes, égal environ à 5 ([2]), j'ai pu constater, qu'en appliquant la micropuncture à l'amibe dans des solutions de divers pH, la précipitation locale se faisait plus prompte et prononcée dans un milieu ayant un pH compris entre 5,5 et 5,9.

J'ai irradié aussi la région de la vacuole pulsatile, chez *Paramecium caudatum* immobilisé. Les pulsations cessent aussitôt; la vacuole continue à se remplir de liquide; elle se gonfle énormément, mais l'évacuation du contenu ne se fait plus : le cytoplasme, autour de la vacuole, se coagule et le pore excréteur est obstrué.

En irradiant un point du cytoplasme optiquement vide de la *Spirogyre* et des cellules épidermiques des écailles du bulbe d'*Allium cepa*, on voit encore surgir, sur le fond noir, une floculation localisée au point piqué et l'arrêt du mouvement brownien des « paillettes scintillantes » de la Spirogyre et du courant cytoplasmique chez Allium.

Enfin, j'ai cherché à reproduire le fait sur un modèle : une couche mince de blanc d'œuf sur une lame en quartz fut irradiée en un point ayant 10^{μ} de diamètre, et observée à l'ultramicroscope; dans la solution optiquement vide, on voit apparaître, dans la zone piquée, des particules en mouvement brownien, qui s'agglomèrent et forment un coagulum localisé. En ajoutant de la soude caustique à préparation, on voit que le coagulum ne se dissout pas, tandis que la floculation, causée par la chaleur, reste soluble dans ce cas. Donc la protéine est dénaturée sous l'action de la lumière ultraviolette, comme l'a pu observer aussi Spiegel-Adolf ([3]), en irradiant des protéines à l'état de sols par une lampe à vapeurs de mercure.

([1]) Pfeiffer, *Protoplasma*, 16, 1932, p. 237.
([2]) Pantin, *J. Exp. Biol.*, 8, 1931, p. 365.
([3]) *Klin. Woch.*, 2, 1928, p. 1592.

SÉROLOGIE. — *Nouvelle méthode de titrage des sérums antipneumococciques par la neutralisation des anticorps* in vitro. Note de MM. **Louis Cotoni** et **Jacques Pochon**, présentée par M. F. Mesnil.

Les méthodes de titrage *in vivo* sont celles qui mettent le mieux en lumière l'activité thérapeutique des sérums antipneumococciques, mais elles manquent de précision. Le titrage même du sérum étalon, dont l'emploi est indispensable pour comparer les expériences, est faussé par trop de facteurs variables : chez les Souris, différences de résistance nivelées d'une façon insuffisante par l'emploi onéreux d'un grand nombre d'animaux; dans les cultures elles-mêmes, variations de pouvoir pathogène et, sans doute aussi, de pouvoir neutralisant (Felton) (1). Quant aux méthodes *in vitro*, si elles sont employées avec succès au titrage des sérums antitoxiques, elles offrent l'inconvénient de ne mesurer qu'une propriété des sérums antimicrobiens, en relation plus ou moins lointaine avec l'activité thérapeutique. Ainsi sont titrables le pouvoir agglutinant, le pouvoir précipitant vis-à-vis des gommes pneumococciques [Friedländer, Sobotka et Banzhaft (2), Heidelberger, Sia et Kendall (3), Zozaya, Boyer et Clark (4), Brown (5)], le pouvoir floculant (W. Smith) (6). Cette dernière méthode, malgré ses inconvénients, offre un intérêt spécial. En résumé, aucune n'a réussi à s'imposer universellement et le problème du titrage des sérums antipneumococciques, étudié récemment encore à la Section d'hygiène de la Société des Nations (Hartley et W. Smith) (7), attend toujours une solution complète.

Les inconvénients des diverses méthodes nous ont amenés à imaginer une méthode nouvelle, dont voici le principe : *Chercher le volume maximum de sérum qu'un poids connu d'antigène sec peut dépouiller de ses anticorps.* On met en contact un poids constant d'antigène pneumococcique avec des volumes variés de sérum. Dans le liquide séparé par centrifugation, on

(1) *J. Immun.*, 19, 1930, p. 485.
(2) *J. Exp. Med.*, 47, 1928, p. 79.
(3) *J. Exp. Med.*, 52, 1930, p. 477.
(4) *J. Exp. Med.*, 52, 1930, p. 471.
(5) *J. Immun.*, 25, 1933, p. 149.
(6) *J. Path. Bact.*, 35, 1932, p. 509.
(7) Société des Nations, *Bulletin trimestriel de l'Organisation d'hygiène*, janvier 1935.

décèle la présence d'anticorps libre, par addition d'une gomme pneumococcique qui provoque la précipitation. L'emploi d'un antigène *sec* et *pondérable* permet une plus grande comparabilité que la méthode de Felton [1], méthode complexe où l'inoculation de culture vivante est proposée comme indicateur de la neutralité du mélange antigène-anticorps.

En pratique, on verse dans une série de 10 tubes des volumes décroissants (1^{cm^3} à 1/10e de centimètre cube) de sérum antipneumococcique, des volumes croissants (1/10e de centimètre cube à 1^{cm^3}) de sérum normal, 1^{cm^3} d'une solution de NaCl à 1 pour 100, et 1^{cm^3} d'une émulsion de poudre, parfaitement desséchée et finement broyée, de pneumocoques homologues, tués par l'alcool-éther. Cette émulsion contient 20^{mg} de poudre microbienne, ou moins s'il le faut, pour 20^{cm^3} d'eau salée. On abandonne 1 heure à 35° en agitant plusieurs fois. Après centrifugation, on ajoute, dans chaque tube, à 1^{cm^3} de liquide clair, 1^{cm^3} de solution de gomme pneumococcique (polysaccharide) à 1/50 000e [2]. On cherche quel est le tube où l'opacité produite est la plus faible en le comparant à un tube qui renferme exclusivement la solution de gomme et de sérum naturel. Ainsi, on détermine quel est le volume le plus petit de sérum non neutralisé par l'antigène.

Nous avons pu vérifier plusieurs faits observés par Felton [3]. La saturation réciproque de l'antigène et de l'anticorps obéit à la loi des proportions multiples. Les Pneumocoques homologues saturent seuls les sérums et seuls épuisent leur pouvoir protecteur. Nous avons constaté en outre que le contact préalable du sérum avec des Pneumocoques de race étrangère ne modifie pas les résultats du titrage pratiqué ensuite avec les germes de même race.

Nous avons étudié par cette méthode huit sérums antipneumococciques équins du type I. *Un milligramme de notre antigène sec sature des volumes divers des différents sérums étudiés, variant entre* $0^{cm^3},15$ *et* $0^{cm^3},90$. La méthode comporte des avantages incontestables. Elle supprime l'ingérence de facteurs aussi variables que l'animal et la culture vivante; elle est d'un emploi facile et rapide, d'une lecture aisée, et permet enfin de titrer les sérums peu actifs plus facilement que la méthode de floculation.

On pourrait objecter que, l'antigène dépouillant les divers sérums d'une quantité constante d'anticorps, le second temps de la méthode équivaut à

---

(1) *J. Immun.*, 19, 1930, p. 511.

(2) Avec des solutions plus faibles de gomme, la lecture devient malaisée; l'emploi de solutions plus concentrées risque de fausser les résultats (phénomènes de pro-zone et post-zone); entre 1/10000 et 1/200000, le titre de la solution est indifférent.

(3) *Loc. cit.*

un simple titrage du pouvoir précipitant. Telle n'est pas notre opinion. Comme l'a montré Sabin [1], un sérum antipneumococcique, mis en présence d'un excès de gomme correspondante et ayant cessé de la précipiter, contient encore un reliquat d'*anticorps protecteurs*, qui précipitent un centrifugat de culture. Or, nous avons constaté qu'un pareil sérum cesse de précipiter ce centrifugat après avoir été mis en contact avec notre antigène alcool-éther et avoir perdu son pouvoir protecteur.

En outre, un sérum antipneumococcique du type III, *fortement précipitant* en présence de la gomme correspondante et très *faiblement protecteur*, s'est montré faiblement neutralisant. Nous pensons donc que le pouvoir neutralisant va de pair avec le pouvoir protecteur.

Faut-il ajouter que cette méthode, modifiée dans son second temps, trouverait un emploi fort utile pour le titrage d'autres sérums antimicrobiens? Nous avons particulièrement en vue les sérums difficiles ou impossibles à titrer chez l'animal, tels que les sérums antistreptococcique, antiméningococcique, antigonococcique.

TUBERCULOSE. — *Phénomène de Bail et intoxication tuberculinique.* Note de MM. **Alfred Boquet** et **Roger Laporte**, présentée par M. Félix Mesnil.

Les symptômes qui caractérisent le phénomène de Bail, observé chez les cobayes tuberculeux, lors de la réinoculation intrapéritonéale d'une dose massive de bacilles de Koch vivants ou de bacilles morts, sont comparables en tous points à ceux que détermine, dans les mêmes circonstances, l'injection d'une forte dose de tuberculine brute; dans les deux cas, la mort survient en quelques heures et l'autopsie montre les mêmes altérations congestives et hémorragiques du péritoine et des organes abdominaux. D'autre part les animaux neufs supportent sans dommage sérieux l'inoculation intrapéritonéale d'une dose de bacilles morts ou de tuberculine, supérieure, de beaucoup, à la dose mortelle pour les animaux tuberculeux; ils contractent une infection granulique progressive et succombent après plusieurs semaines lorsqu'ils reçoivent, par la même voie, des bacilles vivants et virulents.

Cependant, si la similitude clinique et anatomopathologique du phéno-

---

(1) *J. Exp. Med.*, 53, 1931, p. 93.

mène de Bail et de l'intoxication tuberculinique paraît ainsi établie, la preuve restait à fournir que le bacille de Koch excrète dans l'organisme une véritable tuberculine, et que la diffusion de cette substance s'opère assez rapidement et en quantité suffisante pour amener, à bref délai, la mort des animaux sensibilisés par l'infection tuberculeuse. Les expériences qui suivent ont été effectuées en vue d'apporter cette démonstration.

Plusieurs cobayes tuberculeux reçoivent par voie péritonéale 50^{mg} de bacilles bovins morts en suspension dans 10^{cm^3} d'eau physiologique. Tous succombent en moins de 18 heures. On recueille l'exsudat sanguinolent que contient leur cavité péritonéale (environ 10^{cm^3} par animal), on l'additionne d'une quantité égale d'eau physiologique citratée et on le filtre immédiatement sur bougie Chamberland L_2. Le lendemain, on injecte le filtrat à la dose de $0^{cm^3},1$, tel quel ou dilué dans l'eau physiologique, dans le derme de cobayes neufs et de cobayes tuberculeux. Chez les animaux neufs, on observe, dès la première heure, une réaction locale assez vive, sous l'aspect d'un épaississement congestif, du diamètre d'une pièce de 50 centimes environ; mais cette inflammation diminue les heures suivantes et se réduit, le lendemain, à une légère induration. Par contre, chez les animaux tuberculeux, la réaction dermique augmente peu à peu d'intensité, prend le type tuberculinique et aboutit en 24 heures à la formation d'une belle papule nécrotique pour le filtrat tel quel, d'une papule œdémateuse pour le filtrat dilué à 1 pour 25. Des résultats identiques ont été obtenus avec le filtrat d'exsudat péritonéal de cobayes neufs auxquels on avait inoculé la veille 50^{mg} de bacilles morts dans la cavité abdominale et une petite quantité d'aleurone.

Ayant ainsi décelé la libération de la tuberculine des corps microbiens *in vivo*, nous avons essayé de la mettre en évidence *in vitro* en faisant macérer des bacilles morts pendant 24 heures à 38° dans de la sérosité péritonéale provenant de cobayes neufs, préparés par une injection de suspension d'aleurone. L'activité tuberculinique du filtrat de cette macération s'est montrée égale à celle des filtrats précédents.

La solubilité de la tuberculine bacillaire dans les humeurs est plus manifeste encore quand on remplace l'exsudat péritonéal par du sérum de cobaye ou par du sérum de cheval frais ou chauffé 1 heure à 56°. A la dose de $0^{cm^3},1$, les filtrats de suspension de bacilles vivants ou de bacilles morts dans du sérum (10^{mg} de bacilles pour 20^{cm^3} de sérum) donnent chez le cobaye tuberculeux, mais non chez le cobaye neuf, une réaction dermique nécrotique jusqu'à la dilution à 1 pour 100 et une réaction papuleuse nette jusqu'à

1 pour 500. Le filtrat, même pur, de suspension témoin en eau physiologique, ne provoque qu'un faible épaississement de la peau.

Cette dissolution de la tuberculine des corps bacillaires dans le sérum est presque immédiate. Elle s'opère un peu plus rapidement à 38° qu'à 2°.

Non seulement ces faits éclairent le mécanisme physiopathologique du phénomène de Bail, en le ramenant à une intoxication de nature allergique, mais encore ils permettent d'inférer que la tuberculine endogène joue réellement un rôle de première importance dans la symptomatologie de l'infection bacillaire. On est ainsi fondé à admettre que c'est bien cette substance qui imprime aux lésions évolutives une allure inflammatoire plus ou moins aiguë et éveille dans leur voisinage des réactions congestives et exsudatives parfois très étendues. En outre, du point de vue des signes généraux de la tuberculose, nos constatations tendent à montrer que le principal d'entre eux, la fièvre, résulte également d'une intoxication tuberculinique, intermittente ou continue, dont l'intensité dépend à la fois de l'hypersensibilité de l'organisme et de la diffusion, dans les humeurs, à travers les parois des foyers perméables en activité, de substances réactionnelles issues des corps microbiens.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 27 mai 1935.)

Note de M. *Marc Krasner*, Sur la théorie de la ramification des idéaux :

Page 1813, ligne 20, *au lieu de* a ordre de p, *lire* a ordre de $P^{\star}$; ligne 25, *au lieu de* $\rho\sigma$, *lire* $\sigma\rho$ et *supprimer* où P est la racine primitive de mod P dans K.

Page 1814, ligne 17, *au lieu de* $\overline{Z} =$ corr. $\bar{Z}$ et $\overset{(k)}{V} =$ corr., *lire* $\overline{Z} =$ corr. Z et $\overset{(\bar{k})}{V} =$ corr.; ligne 19, *au lieu de* v, *lire* v_k.

Page 1815, lignes 15 et 17, *au lieu de* ε, *lire* E; ligne 28, *au lieu de* Öysbein ore Kag. Ö. ore, *lire* Öystein Ore.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JUIN 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Variations dans la formule leucocytaire provoquées par les injections intraveineuses de carbone.* Note de M. **Auguste Lumière** et M[lle] **Suzanne Sonnery**.

Poursuivant nos recherches sur le mécanisme de l'efficacité des injections intraveineuses de particules de carbone dans les états infectieux, nous avons étudié les changements qui surviennent dans les rapports numériques des différentes formes de cellules blanches, au cours de l'hyperleucocytose provoquée par ce traitement.

Pour cela, nous avons utilisé les deux suspensions de carbone à 2 pour 100 dont les caractéristiques ont été mentionnées dans une Note antérieure (1), l'une à grains relativement gros, renfermant environ huit millions d'éléments par millimètre cube, et l'autre à grains fins, dont le nombre de particules atteint approximativement deux cent cinquante millions, sous le même volume.

Ces deux préparations ont été injectées dans la veine marginale de l'oreille du lapin, aux doses de $0^{cm^3},3$ et $0^{cm^3},5$ par kilogramme d'animal.

Des étalements de sang ont été effectués pour chaque expérience, immédiatement avant les injections intraveineuses, puis à des intervalles variant de 1 heure à 20 jours. Les numérations leucocytaires ont alors été effectuées sur ces différents prélèvements au nombre de 27 et les moyennes de ces dénombrements ont été les suivantes :

---

(1) Auguste Lumière et M[lle] Suzanne Sonnery, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 999.

Formule leucocytaire.

	Lymphocytes.	Monocytes.	Polynucléaires.	Métamyélocytes.	Lymphoblastes.	Monoblastes.
Avant injection...	60	15	25	0	0	0
18 heures après...	18	14	63	5	0	0
2 jours après....	24	21	55	0	0	0
4 »	25	26	45	0	0	4
10 »	42	25	29	0	2	2
17 »	58	20	17	0	3	2
20 »	59	19	22	0	0	0

Formule d'Arneth.

	II.	III.	IV.	Totaux.
Avant injection............	32	56	12	280
18 heures après............	40	47	13	273
2 jours après............	30	56	14	284
4 »	30	51	19	289
10 »	44	44	12	268
17 »	48	40	12	264
20 »	35	57	8	273

Ces numérations montrent que, sous l'influence de l'introduction des particules de carbone dans la circulation, le taux des polynucléaires est plus que doublé, alors que celui des monocytes subit un accroissement moins important.

Le taux relatif des lymphocytes est très diminué, mais leur nombre absolu par millimètre cube ne change pas sensiblement, ce qui signifie que l'hyperleucocytose ainsi provoquée porte principalement sur les polynucléaires et, à un moindre degré, sur les monocytes.

Le retour de la formule leucocytaire à la normale s'effectue vers le dixième jour après le traitement; cependant, à partir du quatrième jour, des lymphoblastes et des monoblastes apparaissent dans le sang et ces formes cellulaires primitives semblent persister jusque vers le dix-septième jour.

Ces formules sont analogues à celles que l'on enregistre dans les infections d'ordre coccale, c'est-à-dire de celles dans lesquelles l'organisme réagit efficacement contre les infections; elles expliquent donc, tout au moins du point de vue de la leucocytose et de la leucogénèse, le mécanisme de l'effet thérapeutique favorable des suspensions de carbone.

La formule d'Arneth ne paraît pas modifiée au cours des variations leucocytaires.

M. **Henri Villat**, en présentant l'ouvrage de MM. P. Couderc et A. Ballicioni, *Premier Livre du Tétraèdre*, s'exprime ainsi :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un ouvrage de MM. P. Couderc et A. Ballicioni, volume dont j'ai écrit la *Préface*. Un lecteur, s'intéressant tant soit peu à la Géométrie, n'abordera pas ce livre sans être séduit par la beauté du sujet, et par l'élégance des résultats obtenus. Sans utiliser de ressources extérieures aux programmes des lycées, MM. Couderc et Ballicioni ont réalisé un exposé qui développera chez les jeunes élèves le sens de la Géométrie pure, et qui par ailleurs sera un précieux auxiliaire pour les candidats à l'Agrégation.

M. **Victor Grignard**, par l'organe de M. **Auguste Béhal**, fait hommage à l'Académie du Tome I du *Traité de Chimie organique*, publié sous sa direction. Secrétaire général, Paul Baud.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° 40° *Anniversario della Cinematografia* (1895-1935). Roma, 22 marzo 1935. Anno XIII E. F.

2° *Leçons d'Algèbre et de Géométrie à l'usage des étudiants des Facultés des Sciences*, par René Garnier. D'après la rédaction de M. Badrig Guèndjian.

3° Émile Gilbrin. *Recherches sur le Génie épidémique*.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Résolution d'équations abstraites par un procédé d'itération.* Note (¹) de M. **Chr. Pauc**, présentée par M. Émile Borel.

On rencontre souvent dans la théorie des ensembles, en particulier en topologie abstraite, des problèmes dont l'étude peut se ramener à la résolution d'équations de la forme $\varphi(X) = X$.

(¹) Séance du 3 juin 1935.

Nous allons donner pour certaines de ces équations un procédé de résolution par itération.

THÉORÈME. — *Soit* φ *une opération faisant correspondre à tout ensemble* P *de* H, *un ensemble* $\varphi(P)$ *de* H *et telle que l'on ait constamment* $\varphi(P) \leqq P$ (1) *ou constamment* $\varphi(P) \geqq P$ (2); *formons à partir d'un ensemble* $M \leqq H$ *la suite transfinie itérée :* M, $\varphi(M)$, ..., $\varphi^{(\xi)}(M)$, ..., *ses termes deviennent nécessairement identiques à partir d'un rang* λ *dépendant de* M; *posons* $\psi(M) = \varphi^{(\lambda)}(M)$, *alors :*

Si M *désigne un sous-ensemble quelconque de* H, $\psi(M)$ *représente la solution la plus générale de l'équation* $\varphi(X) = X$.

Si φ *est une* transformation non décroissante, $\psi(M)$ *est la plus grande solution de l'équation* $\varphi(X) = X$ *contenue dans* M *si* φ *satisfait à* (1); *c'est la plus petite solution contenant* M *si* φ *satisfait à* (2).

APPLICATIONS TIRÉES DE LA TOPOLOGIE ABSTRAITE DE M. FRÉCHET :

Dans ce qui va suivre, nous considérerons un espace topologique (FRÉCHET, *Espaces abstraits*, p. 166), dont K désignera l'opération de dérivation, $\mathcal{F}$ l'opération de fermeture et H l'ensemble des points. P désignant un sous-ensemble de H, nous utiliserons la notation habituelle $\mathcal{F}(P) = \overline{P}$.

Ensembles fermés. Ensembles ouverts. — Un ensemble fermé est un ensemble qui contient son dérivé; l'équation de ces ensembles est donc $K(X) \leqq X$, équivalente à $\overline{X} = X$, équation du type $\varphi(X) = X$, où $\varphi = \mathcal{F}$ et satisfait, par suite, constamment à la relation $\varphi(P) \geqq P$.

THÉORÈME. — *Si* $\mathcal{F}(P) = \overline{P}$ *est la fermeture d'un ensemble* P, *la suite transfinie illimitée itérée* M, $\mathcal{F}(M)$, $\mathcal{F}^2(M)$, ..., $\mathcal{F}^{(\omega)}(M)$, ..., $\mathcal{F}^{(\xi)}(M)$, ... *aura tous ses éléments identiques à partir d'un certain rang* λ, *a un ensemble* $\mathcal{F}^{(\lambda)}(M)$ *qui sera l'ensemble fermé le plus général, quand* M *sera pris arbitrairement dans l'espace considéré.*

Cas particuliers. — Si l'espace vérifie la condition $\mathcal{F}^2 = \mathcal{F}$ (APPERT, *Thèse*, p. 12. Condition α), nous voyons que la fermeture d'un ensemble quelconque dans un tel espace constituera l'ensemble fermé le plus général.

Si l'espace est un espace $\mathcal{V}$, $\mathcal{F}$ est non décroissante, $\mathcal{F}^{(\lambda)}(M)$ est le plus petit ensemble fermé contenant M (FRÉCHET, *Espaces abstraits*, p. 226).

Un ensemble ouvert est un ensemble dont tous les points sont intérieurs; si I(P) désigne d'une façon générale l'intérieur d'un ensemble P, l'équation définissant les ensembles ouverts est $I(X) = X$. Équation du type $\varphi(X) = X$, où φ satisfait constamment à la relation $\varphi(P) \leqq P$.

THÉORÈME. — *Si* I(P) *est l'intérieur d'un ensemble* P, *la suite transfinie, illimitée, itérée* M, I(M), $I^{(2)}(M)$, ..., $I^{(\omega)}(M)$, ..., $I^{(\xi)}(M)$, ... *aura tous*

ses éléments identiques à partir d'un certain rang λ *à un ensemble* $I^{(\lambda)}(M)$ *qui sera l'ensemble ouvert le plus général quand* M *sera pris arbitrairement dans l'espace considéré.*

Cas particuliers. — Si l'espace vérifie la condition $\mathcal{F}^2 = \mathcal{F}$, alors $I^2 = I$; nous voyons que l'intérieur d'un ensemble quelconque représentera l'ensemble ouvert le plus général.

Dans le cas d'un espace $\mathcal{V}$, I est non décroissante, $I^{(\lambda)}(M)$ est le plus grand ensemble ouvert contenu dans M.

Ensembles denses en soi. — Un ensemble dense en soi est un ensemble contenu dans son dérivé; l'équation définissant les ensembles denses en soi est donc : $X \leqq K(X)$, équivalente à $X.K(X) = X$.

Théorème. — *Si* $K(P)$ *est le dérivé d'un ensemble* P, *et si l'on pose* $\Theta(P) = P.K(P)$, *la suite transfinie, illimitée itérée* : $M, \Theta(M), \Theta^{(2)}(M), \ldots, \Theta^{(\omega)}(M), \ldots, \Theta^{(\xi)}(M), \ldots,$ *aura tous ses éléments identiques à partir d'un certain rang* λ, *à un ensemble (dit noyau de* M — *Cantor), qui sera l'ensemble dense en soi le plus général, quand* M *sera pris arbitrairement dans l'espace considéré.*

Dans le cas d'un espace $\mathcal{V}$, ce noyau est le plus grand ensemble dense en soi contenu dans M.

Ensembles parfaits. — Un ensemble parfait est un ensemble coïncidant avec son dérivé; il satisfait donc à l'équation $K(X) = X$. L'opération K ne satisfaisant à aucune relation de la forme $K(P) \geqq P$ ou $K(P) \leqq P$, constamment quel que soit P, nous ne voyons pas tout de suite le moyen d'appliquer la méthode d'itération. Remarquons alors qu'un ensemble parfait, est un ensemble fermé; nous savons obtenir ces derniers; soit Φ leur famille. Pour tout ensemble F de cette famille, K satisfait à la relation $K(F) \leqq F(a)$, ceci nous conduit à chercher à introduire des suites itérées; ce sera possible dans un *espace* $\mathcal{V}$, grâce aux deux propriétés; le dérivé d'un ensemble fermé est fermé. L'intersection des ensembles d'une famille d'ensembles fermés est un ensemble fermé.

Théorème. — *Dans un espace* $\mathcal{V}$, *le noyau d'un ensemble* F *représente l'ensemble parfait le plus général, quand* $\mathcal{F}$ *est un ensemble fermé arbitraire.*

Une résolution de l'équation $K(X) = X$ symétrique de celle que nous venons de donner consiste à chercher les ensembles parfaits dans la famille $\mathcal{D}$ des ensembles D, denses en soi déjà obtenus. Elle conduit au théorème :

Théorème. — *Dans un espace* $\mathcal{V}$ *le plus petit ensemble fermé contenant un ensemble dense en soi quelconque est l'ensemble parfait le plus général.*

Cas particulier. — Dans un espace $\mathcal{V}$, où $\mathcal{F}^2 = \mathcal{F}$, l'ensemble parfait le plus général n'est autre que la fermeture d'un ensemble dense en soi quelconque.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la relation entre les propriétés tangentielles et métriques de certains sous-ensembles des courbes de Jordan.* Note de M. **Frédéric Roger**, présentée par M. Émile Borel.

Dans son Mémoire fondamental *sur les nombres dérivés des fonctions continues*, M. A. Denjoy a obtenu ce résultat tout à fait remarquable (¹) qu'en négligeant sur la courbe représentative d'une fonction continue $y = f(x)$ des points dont la projection sur Ox forment un ensemble de mesure nulle, les deux contingents (au sens de M. G. Bouligand : ensemble des positions d'accumulation des demi-sécantes) présentent nécessairement l'une des trois dispositions simultanées suivantes :

1° ils valent chacun deux droits et sont biadjacents;

2° ils sont non nuls, adjacents et supplémentaires ;

3° ils sont nuls, portés par une même droite indéfinie (tangente) inclinée sur Oy.

Par un élargissement convenable des puissantes méthodes de M. A. Denjoy, combinées notamment à la notion de mesure p-dimensionnelle de M. C. Caratheodory, on s'aperçoit que ce résultat (susceptible même d'être un peu précisé) tient à la nature intime du contingent d'une courbe de Jordan, d'un espace euclidien à un nombre quelconque de dimensions :

Théorème. — *Sur une courbe de Jordan sans point multiple, dans un espace euclidien à n dimensions* : 1° *les points où il existe un hyperplan à $n - 1$ dimensions laissant tout entière d'un même côté la partie commune à l'un des deux contingents et à l'opposé par le sommet de l'autre* (*faisceau strictement convexe au sens de M. R. Durand*) *forment un ensemble* dénombrablement rectifiable, *c'est-à-dire de longueur* (*mesure linéaire ou d'ordre un*) *finie, ou réunion d'une infinité dénombrable d'ensembles de longueur finie;*

2° *Si, de plus, il existe une droite* (*à une dimension*) *dont une moitié appartienne à l'un des contingents et l'autre moitié à l'autre contingent, et par laquelle on puisse mener un hyperplan à $n - 1$ dimensions laissant la partie*

(¹) A. Denjoy, *Journ. de Math. pures et appl.*, 7ᵉ série, 1, 1915, p. 194, note 1.

commune aux deux contingents tout entière d'un même côté, l'ensemble se réduit, à un ensemble de longueur nulle près, *à celui de ses points où il n'y a pas d'autre direction bilatérale,*

3° *Si, plus particulièrement enfin, les deux contingents sont complètement étrangers l'un à l'autre, l'ensemble coïncide, toujours* à un ensemble de longueur nulle près, *avec celui des points où il y a une tangente bilatérale unique.*

La première partie résulte du fait que l'ensemble considéré, supposé non dénombrablement rectifiable, est la *limite d'une suite non décroissante d'ensembles fermés*, ce qui permet d'en extraire un ensemble parfait dont aucune portion n'est dénombrablement rectifiable. L'emploi du Premier Théorème fondamental des nombres dérivés (*loc. cit.*, p. 149), qui se transpose immédiatement dans cette étude, permet alors d'en trouver une, si petite soit-elle, *complètement ordonnée*, c'est-à-dire sur laquelle, par rapport à des axes convenablement choisis, les coordonnées soient simultanément croissantes avec le paramètre de la courbe, ce qui amène la contradiction cherchée.

Les deux autres propositions sont conséquences de celle-ci :

Lemme. — *Sur une courbe de Jordan sans point multiple, dans un espace euclidien à n dimensions, est* de longueur nulle *l'ensemble des points où, simultanément : (a) la partie commune à l'un des contingents et à l'opposé par le sommet de l'autre est strictement convexe; (b) il existe un hyperplan à n — 1 dimensions laissant la partie commune aux deux contingents tout entière d'un même côté (faisceau strictement convexe) et de l'autre une direction de chacun des deux contingents.*

Ce lemme résulte de ce que l'ensemble considéré, supposé de longueur non nulle, est la *limite complète d'une suite d'ensembles fermés* (au sens de M. E. Borel : ensemble des points appartenant à une infinité d'ensembles de la suite); comme $F_{\sigma\delta}$, il est mesurable au sens de M. C. Caratheodory; de plus, il contient un ensemble de longueur non nulle qui, augmenté de sa fermeture, est de longueur finie; en sorte qu'on peut en extraire un ensemble parfait dont aucune portion n'est de longueur nulle. L'une d'elle étant *complètement ordonnée*, un raisonnement dans l'esprit du Second Théorème fondamental des nombres dérivés (*loc. cit.*, p. 177), mais faisant intervenir simultanément *les mesures des projections* de l'ensemble parfait sur les *n* axes de coordonnées, conduit à la contradiction cherchée.

Quand l'un des contingents (pour un côté invariable ou non) est lui-même un faisceau strictement convexe, le (1°) se précise en ce sens que les

ensembles fermés dont il est question dans sa démonstration peuvent être choisis *de longueur finie*.

Dans ce même ordre d'idées, donnons ce théorème, susceptible d'application aux courbes de Jordan, mais de portée beaucoup plus générale :

THÉORÈME. — *Dans un espace euclidien à n dimensions, le sous-ensemble de tout ensemble, où le contingent relatif à ce dernier laisse échapper un demi-hyperplan à n — p dimensions, peut être considéré comme l'ensemble limite d'une suite non décroissante d'ensembles fermés de mesure d'ordre p finie.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes de Tchebicheff.* Note [1] de M. **JEAN FAVARD**, présentée par M. Gaston Julia.

M. N. Obrechkoff [2] démontre un résultat qui peut s'énoncer ainsi :

Considérons une suite de polynomes réels $\{\Phi_n(x)\}$, dont le degré est indiqué par l'indice ($n=0, 1, 2, \ldots; \Phi_0=1, \Phi_1=x-a_1$), et liés entre eux par une relation de la forme

$$\Phi_n(x)=(x-a_n)\Phi_{n-1}(x)-\lambda_n\Phi_{n-2}(x) \qquad (n \geqq 2) \tag{1}$$

avec

$$\lambda_n>0,$$

ce qui entraîne, en particulier, que toutes les racines de Φ_n sont réelles.

Soit d'autre part $f(x)$ un polynome réel, de degré $2n-1$ au plus, et tel que

$$f(x)=\alpha_1\Phi_1+\ldots+\alpha_{2n-1}\Phi_{2n-1},$$

alors $f(x)$ admet un zéro dans l'intervalle contenant les zéros extrêmes de Φ_n.

Cette proposition constitue une généralisation d'un résultat de M. L. Tchakaloff [3], relatif au cas où les Φ_n sont les polynomes de Tchebicheff d'une fonction croissante, mais cette généralisation n'est qu'apparente.

Il est en effet facile de montrer qu'étant donné une suite de polynomes $\{\Phi_n\}$, liés par une relation de récurrence de la forme (1), avec $\lambda_n>0$, on peut trouver une fonction croissante Ψ, de la variable réelle x

---

(1) Séance du 12 juin 1935.

(2) *Mathematica*, 10, 1935, p. 132-136.

(3) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 330.

($-\infty < x < +\infty$), dont les polynomes de Tchebicheff sont, à un facteur près, ceux de la suite $\{\Phi_n\}$.

Voici une brève démonstration de ce fait :

En supposant l'existence de Ψ, nous pouvons admettre de plus que

$$\int_{-\infty}^{+\infty} d\Psi = c_0 = 1,$$

car Ψ ne peut, évidemment, être déterminée, qu'à un facteur constant près.

En procédant ensuite de proche en proche, à partir des relations

$$\int_{-\infty}^{+\infty} x^{n-2}\Phi_n(x)\,d\Psi = 0 \quad (n \geqq 2) \qquad \text{et} \qquad \int_{-\infty}^{+\infty} x^{n-1}\Phi_n(x)\,d\Psi = 0 \quad (n \geqq 1),$$

on peut calculer les moments

$$\int_{-\infty}^{+\infty} x^n\,d\Psi = c_n \qquad (n \geqq 1).$$

D'après M. Hamburger [1], il suffit alors, pour établir notre résultat, de montrer que les déterminants

$$\Delta_n = |c_{i+j}| \qquad (i, j = 0, \ldots, n-1) \; (\Delta_0 = 1,\ n = 0, 1, \ldots)$$

sont tous positifs.

Or on trouve

$$\lambda_n = \frac{\Delta_{n-2}\Delta_n}{\Delta_{n-1}^2},$$

de là

$$\Delta_n = \lambda_2^{n-1}\lambda_3^{n-2}\ldots\lambda_{n-1}^2\lambda_n \qquad (> 0),$$

Δ_n est donc positif et l'existence d'une fonction Ψ est assurée.

Enfin, lorsque la suite $\{\Phi_n\}$ s'arrête à un certain indice, il est possible de trouver une fonction Ψ qui n'a qu'un nombre fini de points de croissance.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Groupes fonctionnels et leurs applications.* Note de M. **D. Michnevitch**, présentée par M. Henri Villat.

Il s'agit de généraliser les résultats d'une Note précédente [2]. Considérons, à présent, $2n+1$ variables canoniques $x_1, x_2, \ldots, x_n,$

---

(1) *Math. Ann.*, **81**, 1920, p. 235-319.

(2) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 893.

$z, p_1, p_2, \ldots, p_n$; on obtient, en se fondant seulement sur les propriétés des groupes fonctionnels, sans faire intervenir la théorie des équations aux dérivées partielles, les conclusions suivantes :

1° *Le groupe fonctionnel de l'ordre* $r \leq 2n+1$ *admet au plus* $n+1$ *fonctions distinctes en involution;*

2° *Le groupe fonctionnel de l'ordre* $n+\rho$ *admet au plus* $n-\rho+1$ *fonctions distinguées distinctes.*

Il s'ensuit que le résultat ordinairement cité, sur le nombre maximal de $r-2$ fonctions distinguées, ne peut être pris qu'avec réserve. En effet, la loi de la croissance du nombre des fonctions distinguées d'un groupe fonctionnel, par rapport à son ordre, est représentée par la courbe en cloche.

Cela étant, considérons le groupe fonctionnel de l'ordre r,

$$f_1, \quad f_2, \quad \ldots, \quad f_r \qquad (r \leqq 2n+1). \tag{1}$$

M. N. Saltykow, sans introduire les groupes homogènes de S. Lie, avait étudié (¹) les applications du groupe (1), en partant du systèmes (²) :

$$\sum_{\sigma=1}^{\rho} \pi_{s\sigma} \frac{\partial f}{\partial f_\sigma} = 0 \qquad (s=1, 2, \ldots, r), \tag{2}$$

$$\sum_{\sigma=1}^{\rho} \pi_{\sigma} \frac{\partial f}{\partial f_\sigma} = 0. \tag{3}$$

Il est aisé de détailler les résultats de M. N. Saltykow, en les complétant, grâce aux deux hypothèses que l'on peut introduire, suivant que les équations (2), à elles seules, forment un système complet indépendamment de l'équation (3), ou bien moyennant cette dernière.

L'extension, dont il s'agit, se fait grâce au lemme suivant :

Si le déterminant gauche symétrique, d'un ordre pair, est égal à zéro, tous les premiers mineurs de ce déterminant sont nuls.

THÉORÈME I. — *Supposons que les équations* (2) *forment un système complet. Si l'ordre du groupe* (1) *est pair, il admet zéro ou un nombre pair des fonctions distinguées; l'ordre* r *étant impair, le nombre des fonctions distinguées ne peut être qu'impair. Quant au nombre exact des fonctions distin-*

(¹) *Méthodes modernes d'intégration des équations aux dérivées partielles du premier ordre à une fonction inconnue*, Paris, 1935.

(²) *Sur la théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre d'une seule fonction*, Paris-Bruxelles, 1925, Chap. IX, p. 131.

guées, il dépend de l'ordre du premier mineur distinct de zéro du déterminant

$$(4)\qquad \begin{vmatrix} 0 & \pi_{12} & \ldots & \pi_{1r} \\ -\pi_{12} & 0 & \ldots & \pi_{2r} \\ \ldots\ldots & . & \ldots & \ldots \\ -\pi_{1r} & -\pi_{2r} & \ldots & 0 \end{vmatrix}.$$

Par exemple, le groupe de l'ordre trois, au système complet (2)

$$f_1 \equiv (zp+q)(2x+1) - z^2, \qquad f_2 \equiv 2x(zp+q) - z^2, \qquad f_3 \equiv \frac{p}{q},$$

admet une fonction distinguée, $f_2 - f_1$.

Le groupe de l'ordre quatre, au système complet (2)

$$f_1 \equiv zp_1, \qquad f_2 \equiv \frac{p_2}{p_1} - x_1 + x_3, \qquad f_3 \equiv \frac{x_5 p_5}{p_4} + x_1 - x_3 - x_4, \qquad f_4 \equiv \frac{p_1 + p_2}{zp_1^2},$$

engendre deux fonctions distinguées, $f_1^2 f_4 + f_1$ et $f_1 f_4 + f_2 + f_3$.

Quant au groupe de l'ordre quatre, au système complet (2)

$$zp_1, \quad \frac{p_2}{p_1} - x_1 + x_3, \quad x_3 z p_4 + x_1 - x_2 - x_5, \quad \frac{p_1 + p_2}{zp_1^2},$$

il n'admet pas de fonctions distinguées.

Théorème II. — *Supposons que l'ensemble des équations* (2) *et* (3) *forme un système complet. Si l'ordre du groupe* (1) *est pair, le nombre de ses fonctions distinguées sera impair; inversement il sera zéro ou un nombre pair, si l'ordre du groupe* (1) *est impair. Le nombre effectif des fonctions distinguées dépend encore de l'ordre du premier mineur distinct de zéro du précédent déterminant* (4).

Ainsi, le groupe du troisième ordre, correspondant à

$$3x_1 - \frac{z}{p_1}, \quad zp_1p^2 + x_2, \quad \frac{p_2 - p_3}{p_1},$$

n'admet pas de fonctions distinguées.

Or le groupe du cinquième ordre

$$f_1 \equiv zp_1 + \frac{x_2 p_2}{p_3} + x_3, \qquad f_2 \equiv z^2 - 2x_1 z p_1, \qquad f_3 \equiv \frac{p_1 + p_2}{p_3},$$
$$f_4 \equiv \frac{p_1}{p_3}, \qquad f_5 \equiv \frac{x_2 p_2}{p_3} + x_3,$$

admet deux fonctions distinguées, $f_3 - f_4$ et $f_1 - f_5$.

RELATIVITÉ. — *La théorie unitaire des champs et les hypersurfaces non holonomes*. Note (¹) de M. GEORGES VRANCEANU, présentée par M. Élie Cartan.

Il s'agit de faire voir dans cette Note que l'espace, considéré par MM. Einstein et Mayer (²) comme l'espace où une théorie unitaire des champs électromagnétique et gravitationnel serait possible, peut être interprété comme une hypersurface non holonome V_5^4.

En effet, supposons que nous ayons d'une part un espace de Riemann V_4, l'espace-temps de la théorie de la relativité, dont la métrique peut s'écrire

$$(1)\qquad ds^2 = a_{ij}dx^i dx^j = (ds^1)^2 + (ds^2)^2 + (ds^3)^2 + (ds^4)^2 \qquad (i, j = 1, 2, 3, 4),$$

où $ds^h = \lambda_i^h dx^i$ ($h = 1, 2, 3, 4$) sont des formes de Pfaff dans les quatre variables x^1, x^2, x^3, x^4, une ou trois d'entres elles étant imaginaires pures; d'autre part, un vecteur potentiel φ_i dont le rotationnel fournit le vecteur électrique et magnétique. La forme $\varphi_i dx^i$ n'est pas une différentielle totale exacte, et par conséquent l'équation de Pfaff

$$(2)\qquad ds^5 = dx^5 - \varphi_i dx^i = 0$$

n'est pas complètement intégrable. La variable x^5 qu'on ajoute ainsi n'est définie que par sa différentielle.

La totalité des invariants communs à la métrique (1) et à l'équation de Pfaff (2) constitue ce qu'on appelle un espace non holonome V_5^4; c'est l'espace du groupe de transformations de formes de Pfaff

$$(3)\qquad \begin{cases} d\bar{s}^h = c_k^h ds^k + c_5^h ds^5 \\ d\bar{s}^5 = c_5^5 ds^5 \end{cases} \qquad (h, k = 1, 2, 3, 4),$$

où les $c_k^h(x^1, x^2, x^3, x^4)$ satisfont aux conditions d'orthogonalité, $c_5^5 \neq 0$ et c_5^h sont quelconques. Ce groupe conserve la métrique (1) abstraction faite des termes qui s'annulent avec ds^5. Le groupe (2), que j'appelle aussi groupe intrinsèque de V_5^4, n'est pas géométrisable si $ds^5 = 0$ n'est pas complètement intégrable (³). Il devient un groupe complètement géométrisable

(¹) Séance du 12 juin 1935.

(²) *Sitzungsberichte der Akademie*, Berlin, 1932, p. 541.

(³) Voir mon travail, *Bull. Fac. Sc. de Cerniuti*, 5, 1932, p. 177.

si l'on fixe les valeurs des quatre fonctions c_5^h, ce qui revient à fixer une normale à l'hypersurface non holonome V_5^4. Dans le cas général d'un espace non holonome V_n^m, interprétation géométrique d'un système non holonome S_n^m de la Mécanique, ce sont les équations du mouvement du système qui peuvent déterminer les directions normales (¹). On peut déterminer, en général d'une manière plus simple, ces directions normales, en imposant la condition que le parallélisme intérieur, qui est en ce cas le parallélisme de Levi-Civita de V_5^4, soit conservé. C'est la condition imposée par MM. Einstein et Mayer, ce qui nous donne $c_5^h = 0$. D'ailleurs, en ce cas, $c_5^h = 0$ expriment aussi la condition nécessaire et suffisante pour que les géodésiques de V_4 soient conservées. Nous avons ainsi à étudier les invariants du groupe

$$(4) \qquad \left\{ \begin{array}{l} \bar{ds}^h = c_k^h ds^k, \\ \bar{ds}^5 = c_5^5 ds^5, \end{array} \right.$$

que j'appelle aussi semi-intrinsèque. Si l'on fixe c_5^5, ce qui revient à fixer une métrique sur la normale, on obtient le groupe rigide de V_5^4. On sait que le groupe rigide d'un V_n^m possède deux connexions rigides, dont l'une conserve les longueurs. MM. Einstein et Mayer prennent $c_5^5 = 1$, et considèrent la connexion précédente.

Il existe aussi, tant qu'on part seulement avec deux invariants

$$ds^2 = (ds^1)^2 + (ds^2)^2 + \ldots + (ds^{n-1})^2, \qquad ds^n = 0,$$

une manière invariante de fixer la normale à l'hypersurface V_n^{n-2} et la métrique sur cette normale. En effet on arrive à démontrer le théorème suivant : *Si $ds^n = 0$ n'est pas complètement intégrable, on peut réduire d'une ou plusieurs manières différentes, suivant que certaines équations caractéristiques ont ou non plusieurs racines différentes, l'étude des invariants du groupe intrinsèque de V_n^{n-1} à l'étude d'un groupe rigide.* Dans le cas d'une V_5^4 il existe une seule manière invariante de fixer la normale et la métrique sur cette normale. Dans notre cas cette normale coïncide avec celle de MM. Einstein et Mayer.

En fixant ou non la valeur de c_5^5, le groupe (4) possède en général quatre tenseurs. Dans notre cas la V_5^4 est totalement géodésique, de sorte que deux seulement de ces tenseurs sont différents de zéro : le tenseur ω_{kl}^5 d'intégrabilité de l'équation (2), qui est le tenseur du champ électro-

(¹) Voir E. Cartan, *Congrès de Bologne*, 6, 1928, p. 253.

magnétique et en même temps le tenseur de torsion de l'espace non holonome V_5^4; puis le premier tenseur de courbure de V_5^4, qui coïncide en ce cas avec le tenseur de courbure de V_4. Les dérivées tensorielles de la torsion servent à former les équations de Maxwell, et avec le tenseur de courbure on construit les premiers membres des équations de la gravitation. Il est à remarquer que MM. Einstein et Mayer considèrent les dérivées tensorielles de la torsion comme faisant partie de la courbure de l'espace. M. E. Cartan, dans une conférence faite à l'Institut Poincaré en 1934, interprète aussi le tenseur électromagnétique comme la torsion d'un espace riemannien ambiant à cinq dimensions, l'espace-temps étant une hypersurface (holonome) totalement géodésique de cet espace.

On sait que dans un espace non holonone V_m^n les courbes auto-parallèles, qui sont en même temps les trajectoires sans forces du système mécanique correspondant, ne coïncident pas avec les courbes de la plus courte distance. Ces dernières courbes sont regardées dans cette théorie unitaire comme les trajectoires d'une particule chargée d'électricité et le multiplicateur v_5 qui est constant si $c_5^5 = 1$, est assimilée au rapport e/m_0, e étant la charge électrique et m_0 la masse pondérable.

Cette manière d'interpréter cette théorie unitaire, qui peut s'appliquer aussi à la théorie de Kaluza, nous fait penser à la généraliser, c'est-à-dire à supposer que la normale soit déviée de cette position, qu'on peut appeler naturelle. En ce cas il apparaît deux tenseurs nouveaux, c'est le tenseur de la seconde forme fondamentale et le second tenseur de courbure, et peut-être on peut se servir de ces tenseurs pour rendre compte d'autres phénomènes physiques.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Esquisse d'une théorie de la réactivité.*

Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Albert Caquot.

Nous avons indiqué [1] que les oscillations des matériaux réactifs présentaient, dans nos expériences, cette propriété assez simple, que les distances des positions successives d'équilibre à la position finale résultant de la déformation semi-permanente du matériau, étaient proportionnelles à l'élongation maxima précédente, comptée à partir de la position d'équilibre correspondante, le coefficient de proportionnalité étant différent sui-

[1] *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 294.

vant la parité des numéros des positions successives d'équilibre, et plus petit pour les rangs pairs. On voit facilement que cela peut se traduire par la loi

$$x = Ae^{-\mu t}\sin\omega t + Be^{-\mu t} + C_1, \tag{1}$$

en rapportant les élongations x à la position primitive d'équilibre.

On tient compte ensuite du caractère seulement semi-permanent de l'élongation-limite C_1, en remplaçant C_1 par l'exponentielle $Ce^{-\nu t}$, très lentement décroissante.

Une théorie de la réactivité doit rendre compte, d'autre part, non seulement de cette loi d'oscillation, mais aussi de la loi de déformation sous effort constant, sensiblement logarithmique en fonction du temps, comme l'a trouvé M. Bouasse.

Comme nous l'avons suggéré, il est effectivement possible d'esquisser une telle explication d'ensemble, la loi logarithmique pouvant se ramener pratiquement à la somme de deux exponentielles [1], et être par suite assimilée, comme la fonction (1), à la solution d'une équation linéaire.

Précisons qu'on dispose, en fait, d'une grande latitude dans le choix des constantes de temps et des coefficients des deux exponentielles. Si l'on tolère une approximation de 3 pour 100, bien adaptée aux mesures de réactivité, on représente le logarithme par la somme de deux exponentielles, dans un intervalle tel, que l'argument du logarithme varie de 1 à 300, soit pour une durée égale au triple de la plus longue constante de temps. Dans ces conditions, la plus longue constante de temps est de 25 à 30 fois plus longue que l'autre, et le coefficient correspondant est compris, en gros, entre l'autre coefficient et son double.

Pour rendre compte de la réactivité, il faut donc un modèle mécanique régi par une équation du deuxième ordre (au moins) dans le cas d'une déformation continue, du quatrième ordre (au moins) dans le cas des oscillations.

Imaginons, dans le matériau supposé à une dimension, et dont nous négligerons la masse propre, trois tronçons successifs : l'un, T_3, caractérisé par une élasticité c^2, est attaché au point fixe par son extrémité libre, et sa déformation totale z engendre des forces de frottement visqueux, relativement très importantes, $n\alpha\, dz:dt$; l'autre, T_2, caractérisé par l'élasticité b^2, et dont la déformation totale $(y-z)$ se fait sans frottement, est interposé entre T_3 et T_1 ; ce dernier, caractérisé par l'élasticité a^2, est le siège, au cours de sa déformation totale $(x-y)$, de forces de frottement vis-

---

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 809.

queux $\alpha\, d(x-y):dt$. C'est à l'extrémité libre de T_1 que l'on fixe la masse oscillante M, ou que l'on exerce la force constante F.

La déformation du système est régie par les équations ci-dessous :

$$(2)\qquad \begin{cases} Mx'' + \alpha(x'-y') + a^2(x-y) = F, \\ \alpha(y'-x') + a^2(y-x) + b^2(y-z) = 0, \\ b^2(z-y) + n\alpha z' + c^2 z = 0, \end{cases}$$

où les accentuations représentent des dérivations par rapport au temps.

En l'absence de masse oscillante, la déformation visible x est donnée par une équation linéaire du second ordre dont la solution est

$$(3)\qquad x = F\left(\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \frac{1}{c^2}\right) - \frac{F}{c^2}e^{-\frac{c^2}{n\alpha}t} - \frac{F}{a^2}e^{-\frac{a^2}{\alpha}t}.$$

Cette loi est représentable, dans un intervalle étendu, par une fonction logarithmique du temps, si $na^2:c^2$ vaut de 25 à 30, et si c^2 est un peu inférieur à a^2.

L'oscillation libre visible est au contraire régie par une équation du quatrième ordre, dont nous chercherons à mettre la solution, par un choix convenable de l'origine des temps, sous la forme

$$(4)\qquad x = Ae^{-\mu t}\sin\omega t + Be^{-\mu' t} + Ce^{-\nu t},$$

μ' devant, à cause de (1), être au moins voisin de μ. En écrivant que (4) est solution de (2), on obtient quatre équations donnant μ, μ', ω, ν en fonction de M.

ν est petit devant μ, si n est grand, condition déjà trouvée. La somme $(2\mu+\mu')$ est indépendante de M. Approximativement, μ' part de $a^2:\alpha$ pour $M=0$, et atteint $(a^2+b^2):\alpha$ pour $M=\infty$; et μ, parti de $b^2:2\alpha$ pour $M=0$, tend vers zéro pour $M=\infty$. Enfin ω est sensiblement donné par $\omega^2 = b^2:M$.

Ce système mécanique est assez curieux, l'amortissement relatif $\mu:\omega$ étant infiniment petit non seulement pour $M=\infty$, mais aussi pour $M=0$; cela tient à ce que nous avons schématisé à l'extrême en supprimant tout frottement dans T_2; mais il faudra admettre que les résultats ne sont pas valables pour les valeurs de M trop petites.

μ' devant être voisin de μ, nous devons considérer comme relativement petites les masses M pour lesquelles les oscillations présentent les caractères de la réactivité. Et nous obtenons alors la condition $b^2 = 2a^2$.

On peut chercher d'autres confirmations de la théorie dans le calcul des valeurs

de A, B, C correspondant aux expériences faites. Les circonstances du lancement étaient intermédiaires entre les conditions initiales ($x = X$, $x - y = z = 0$, $x' = 0$), et ($x = y = z = 0$, $x' = V$). Les deux groupes indiquent, conformément à l'expérience, de petites valeurs pour C; le premier groupe indique pour B : A une valeur négligeable, le deuxième, la valeur $2\mu : \omega$; on a trouvé expérimentalement un résultat intermédiaire.

D'après cette théorie, la réactivité serait le résultat d'une distribution opposée de l'élasticité et de la viscosité dans la masse du matériau.

ASTRONOMIE. — *Sur le nombre d'astéroïdes et leur masse effective.* Note [1] de M. **Benjamin de Jekhowsky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Évaluant le nombre d'astéroïdes, que l'on peut découvrir avec les moyens actuels d'observation j'ai montré [2], que d'après leurs grandeurs stellaires m_0 d'une part, d'après leurs distances moyennes a au Soleil d'autre part, ce nombre est environ $N = 2300$. Je me propose de donner une explication différente de ce résultat.

En prenant comme albedo des astéroïdes la moyenne entre les albedos des planètes Mars et Mercure, j'ai calculé pour chacun d'eux le rayon ρ, fonction de a et de m_0, puis en partageant le nombre d'astéroïdes connus en quatre groupes, le premier de 400 et chacun des suivants de 300, on peut trouver le graphique ci-après.

On voit d'après ce graphique, que les astéroïdes de rayon $\rho > 60^{km}$ sont presque tous découverts, et que l'on en découvre seulement quelques-uns entre $60 > \rho > 35$. Le maximum de découvertes actuellement porte sur les astéroïdes dont le rayon varie entre $30 \geqq \rho \geqq 1$ et ceci, toujours en s'éloignant vers les astéroïdes de dimensions de plus en plus petites.

En se proposant de représenter la variation de y (nombre d'astéroïdes) en fonction de x (rayon) on voit que les valeurs données de y entre les limites $119 > x > 30$ satisfont assez bien à l'équation de la parabole

$$y'^2 = 2px' \tag{1}$$

rapportée à son axe et à la tangente au sommet O', l'axe AO' faisant avec les axes de coordonnées x, y un angle $\alpha = 45°$.

---

[1] Séance du 27 mai 1935.

[2] *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 579

Les coordonnées x', y' sont reliées aux coordonnées x, y par les relations

$$(2)\qquad x'\sqrt{2}=[(y+x)-(y_0+x_0)],\qquad y'\sqrt{2}=[(y-x)-(y_0-x_0)],$$

x_0, y_0 étant les coordonnées du sommet O′ par rapport aux axes x, y.

Echelle x : 1mm = 1 km.
y : 1mm = 1 astéroïde

On trouve ainsi la relation

$$(3)\qquad y^2-2y(x+p\sqrt{2})+x^2-2px\sqrt{2}+2p\sqrt{2}(x_0+y_0)=0.$$

En prenant l'intégrale des produits élémentaires $y\,dx$ entre les limites $x=0$; $x=118$, l'expression

$$N_1=\int_0^x y\,dx$$

donne le nombre d'astéroïdes pour lesquels $\rho<119^{\text{km}}$.

On obtient le nombre N total d'astéroïdes en ajoutant à N_1 le nombre $N_2 = 12$ d'astéroïdes pour lesquels $\rho > 118^{km}$.

En évaluant le nombre N soit de cette façon, soit en retranchant de l'aire du triangle isoscèle KOL, l'aire du segment de la parabole C limitée par la corde MN parallèle à l'axe y' (1), on obtient pour N des valeurs voisines de celle indiquée plus haut, et ainsi pour le nombre total des astéroïdes

$$N = 2334.$$

Ceci posé, on peut se proposer de déterminer la masse totale de ces astres. En faisant le calcul directement on trouve que la somme des volumes de tous les astéroïdes est égale à

$$\Sigma V_a = 977037493^{km^3};$$

comparée au volume de la Terre elle est 1108 fois plus petite.

En admettant ensuite que tous les astéroïdes ont la même densité moyenne, on en conclut que : *la masse totale de l'anneau des astéroïdes est* 6,4 *fois plus grande que celle de Cérès* ($\rho = 333^{km}$).

De même : *la somme des masses des astéroïdes, abstraction faite des masses des astéroïdes Cérès, Pallas et Vesta, est égale à* 1,9 *de la masse de Cérès.*

Les valeurs ainsi obtenues s'accordent bien avec celles obtenues par M. N. Staude (2).

M. N. Staude, par une méthode tout à fait différente, a donné comme limites de ces rapports 7 et 2.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les éclipses de satellites de Jupiter.* Note (3) de M. **François Link**, présentée par M. Charles Fabry.

Je veux, dans cette Note, attirer l'attention sur quelques particularités des éclipses de satellites de Jupiter. Il s'agit de mesures d'Eropkin effectuées en 1928 (4), qui donnent les courbes de lumière des trois premiers satellites. Les courbes présentent sur la descente assez régulière une sorte de palier ou même de maximum secondaire assez plat. Après cet accident

(1) Dans ce cas, $N_2 = 45$.

(2) *Journal astronomique russe*, 2, III, 1935, p. 38.

(3) Séance du 3 juin 1935.

(4) *Zeitschrift für Astrophysik*, Berlin, 3, 1931, p. 163.

la courbe descend rapidement jusqu'à la disparition complète du satellite. Ces particularités paraissent avoir échappé à l'analyse jusqu'à présent.

Pour pouvoir analyser ces phénomènes il est nécessaire d'obtenir les courbes réduites, c'est-à-dire les courbes telles qu'elles seraient si les satellites et le Soleil étaient des points. Nous les avons obtenues assez rapidement par quelques tâtonnements systématiques en partant des diamètres apparents des satellites et du Soleil. Les courbes ainsi réduites nous ont servi dans les parties suivantes.

Il est remarquable que la courbe commence à descendre bien avant le moment de l'éclipse, qui est le moment où la droite allant du centre de Soleil au centre du satellite touche la surface de la planète. En d'autres termes la densité de l'ombre commence à croître loin de son bord géométrique, soit à l'altitude de 20 pour 100 de rayon. On pourrait songer d'abord à l'affaiblissement par la réfraction qui joue un rôle important dans ces phénomènes ([1]). Un calcul rapide montre que la densité doit être extrêmement faible à cette altitude et de même l'affaiblissement par la réfraction sera totalement négligeable. L'existence d'un maximum secondaire suggère une autre explication d'autant plus probable que l'intervention de l'atmosphère est impossible.

Tout se passe comme si la planète était entourée d'une couche absorbante élevée dont le niveau supérieur est à 20 pour 100 du rayon. La couche ne serait pas homogène, le maximum de densité serait à une altitude égale au dixième du rayon environ. Dans ces conditions il est difficile d'obtenir son absorption suivant la verticale. En première approximation elle serait comprise entre 5 et 10 pour 100. La nature corpusculaire paraît très probable; la couche aurait une sorte d'analogie avec l'*anneau de crêpe* de Saturne. Seulement la concentration équatoriale paraît beaucoup moins prononcée. Quant à la visibilité en lumière réfléchie, rien n'a été signalé jusqu'à présent au voisinage immédiat de la planète. Il faudrait peut-être employer les méthodes qui servent actuellement à l'observation de la couronne solaire.

Les tables de mouvement des anciens satellites de Jupiter actuellement en usage sont celles de R.-A. Sampson basées sur les mesures photométriques des éclipses par Pickering ([2]). Or Pickering n'a jamais observé la courbe complète; ce qu'il appelle l'intensité normale d'un satellite n'est que

---

([1]) Ch. Fabry, *Journal des Observateurs*, Marseille, **12**, 1929, p. 1.

([2]) *Annals of the Astr. Observ. of Harvard College*, **52**, 1907, p. 1.

le maximum secondaire très plat. Le moment de l'éclipse défini plus haut est, dans l'interprétation de Sampson, le moment ou l'intensité du satellite tombe à moitié. On constate en effet que ces moments correspondent sur les courbes d'Eropkin aux moments où l'intensité de chaque satellite tombe à moitié de celle du maximum secondaire. La couche agit grâce à sa situation comme une sorte de surcharge optique au bord de l'ombre et la théorie de Sampson reste applicable comme le prouvent d'autre part les positions observées des satellites.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Correction à la constante d'Eötvös la ramenant à deux valeurs distinctes.* Note de M. **D. G. Dervichian**, présentée par M. Jean Perrin.

Au sein d'un liquide, isolons par la pensée un prisme de 1^{cm^2} de section droite. Puis, en exerçant une traction aux deux bouts et en nous conformant aux conditions de la réversibilité, supposons que nous le séparions en deux tronçons suivant une section droite (Harkins). Le travail W absorbé aura servi à créer deux surfaces libres du liquide ayant chacune 1^{cm^2} : il aura vaincu les actions intermoléculaires (la cohésion) s'exerçant entre molécules identiques placées de part et d'autre de la surface de rupture. Chaque unité de surface du liquide représente donc une réserve d'énergie libre de W/2, numériquement égale à sa tension superficielle γ. Pour une aire s, l'énergie sera de γs.

Par des déductions basées sur la loi des états correspondants, Eötvös a établi la relation $\gamma(M/\rho)^{2/3} = K(T_c - T)$, où γ est la tension superficielle à la température T. M et ρ étant la masse moléculaire et la densité (à la température T) du liquide, on voit que $(M/\rho)^{2/3}$, puissance 2/3 du volume moléculaire u, représente une surface $S = u^{2/3}$. Nous pourrons, pour faire intervenir le volume par molécule, écrire l'équation sous la forme $\gamma(u/N)^{2/3} = K(T_c - T)$, où N est le nombre d'Avogadro. $s = (u/N)^{2/3}$ sera la section droite d'une molécule considérée cubique. Mais ce sera aussi l'aire occupée par chaque molécule à la surface du liquide, et le premier membre γs représentera l'énergie superficielle par molécule. Dès lors, K constant signifierait que, pour des températures également distantes des températures critiques respectives T_c, le travail moyen d'arrachement d'une molécule est le même, quel que soit la nature du liquide.

Ce résultat peut se comprendre, au moins intuitivement, si l'on considère qu'à la température critique, au sein de tous les liquides, une certaine compensation se trouve

réalisée entre énergie cinétique et énergie d'attraction, agissant en sens inverse. Or abaisser les températures, d'un même nombre de degrés au-dessous de ce point, revient à réduire les énergies cinétiques d'une même quantité; ce qui vraisemblablement doit augmenter d'autant l'énergie de cohésion.

Depuis Eötvös, près de 400 substances différentes ont été étudiées. La valeur de K varie incontestablement d'une substance à l'autre et parfois avec la température. Néanmoins, pour la grande majorité, les valeurs se concentrent très nettement autour de deux chiffres : 2 et 1. Vu le grand nombre de cas étudiés, ceci constitue une forte indication, du moins qualitative. On constate que les corps renfermant le groupement OH (eau, alcools, acides gras) appartiennent à la catégorie $K = 1$. Par contre, dans plusieurs cas, K prend des valeurs notablement plus grandes, pouvant dépasser 5 ou 6. On avait remarqué que c'était pour des corps à très grosses molécules. Pour d'autres, le coefficient est nettement plus petit que 1 et l'on a parlé d'associations moléculaires. Je me propose d'expliquer ces écarts et de montrer que toutes les valeurs sont amenées à rentrer dans les deux groupes principaux $K = 1$ et $K = 2$.

Hunten et Maas [1] ont étudié systématiquement les acides gras normaux et, constatant un accroissement progressif de K depuis 0,90 pour l'acide formique jusqu'à 3,04 pour l'acide stéarique, ont suggéré que les valeurs trop grandes du coefficient doivent être dues à une orientation partielle des molécules à la surface du liquide [2].

L'étude aux rayons X des acides gras, ainsi que celle des couches monomoléculaires, a démontré, qu'alors qu'une des dimensions de la molécule (la *hauteur*) croissait régulièrement avec le nombre d'atomes de la chaîne, la surface disponible par molécule dans chaque plan de stratification restait constante. Pour un certain mode de cristallisation, commun aux différents acides de la série, cette aire est de 24 $Å^2$ par molécule. Désignons par σ cette aire constante. Nous devrons, porter dans le premier membre de l'équation la valeur unique σ de la surface moléculaire au lieu de $s = (M/N\rho)^{2/3}$ qui, elle, croît avec le poids moléculaire et la température. Bien plus, alors que pour les termes supérieurs $s > \sigma$, pour les premiers termes $s < \sigma$. Après correction, on voit dans le tableau que les valeurs de K, tant plus faibles que plus fortes, se trouvent ramenées à se grouper autour de la valeur moyenne 1,2. Pour les alcools $\sigma = 25$ $Å^2$, et l'on retrouve

---

(1) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 153.

(2) Voir aussi E. K. Rideal, *Surface Chemistry*, Cambridge, p. 29.

également la valeur moyenne K = 1,2 (voir particulièrement le cas de l'alcool myricique) :

	σ.	$s = (M/N\rho)^{2/3}$ ρ (moyenne).	K moyen.	K corrigé.
Eau		Å²	1 à 1,15	
Acide formique (C_1)	24	15,7	0,90	1,3
» C_2 à C_{16}	24	21 à 60	0,95 à 2,9	1,1 à 1,3
» stéarique (C_{18})	24	68	3,04	1,07
Alcools C_1, C_2, C_4	25	16,4 à 29	0,67 à 1,45	1,1 à 1,2
» myricique (C_{30})	25	94	4,21	1,1

Le cas de la Tristéarine est souvent cité pour mettre en défaut la règle d'Eötvös. En effet K = 5,35 à 5,86, mais se réduit à 2,2 si l'on prend pour section l'aire connue de 63 Å². Pour les autres Triglycérides, K corrigé se rapproche également de 2. Un cas très instructif est celui des cristaux liquides, corps éminemment orientés, dont les coefficients possèdent une valeur très grande (forte orientation) qui décroît très rapidement aussitôt que l'on dépasse le point de transformation.

Nous pouvons donc admettre que les liquides se groupent provisoirement en deux catégories. L'une, avec K = 2, comprend des corps simples (Ar, Ne, N^2, O^2, Cl^2, P^4) et des substances organiques les plus diverses. L'autre renferme des substances à molécules *asymétriques polaires* et ayant pour K des valeurs voisines de 1. Je montrerai, dans une prochaine Note la signification de ces catégories de coefficients.

PHYSIQUE. — *Forme et symétrie des équations électromagnétiques; équivalence de l'énergie et de la masse.* Note de M. **Jean Urbanek**, présentée par M. Charles Fabry.

Pour qu'un système d'équations physiques fondamentales (définitions et relations expérimentales non déduites) soit correct quant à sa forme, il faut : 1° que toutes les grandeurs qu'il contient aient les mêmes dimensions dans toutes les équations où elles figurent, et 2° que toute égalité entre grandeurs représente en même temps une égalité entre les dimensions respectives. Ces règles définissent, avec l'ensemble des relations mathématiques qui forment le noyau des équations physiques (de nombre k), la forme complète de ces dernières, notamment : le nombre et la nature des facteurs de proportionnalité à introduire (donc le nombre

total n des grandeurs physiques), de même que les dimensions de toutes ces grandeurs. Cette forme une fois fixée, le nombre des dimensions fondamentales appartenant à ce système devient également donné $(n - k)$.

Si l'on n'observe que les règles mentionnées, et qu'on ne formule pas de desiderata arbitraires supplémentaires, les équations électromagnétiques peuvent être écrites sans qu'il soit nécessaire d'introduire d'autres facteurs de proportionnalité que la permittivité électrique $(\varkappa)$ et la perméabilité magnétique μ (1). Les équations ainsi résultantes sont symétriques quant à leur forme, elles ne le sont pas en ce qui concerne les dimensions des grandeurs électriques et magnétiques correspondantes (2) :

$$(1) \qquad [e] = [M], \qquad [E] = [H], \qquad [D] = [B] \quad (^3)$$

(où e représente la charge électrique, M la masse magnétique, E et H les intensités respectives des champs électrique et magnétique, D le déplacement électrique, B l'induction magnétique), sauf si l'on pose

$$(2) \qquad [\varkappa] = [\mu] = [v^{-1}],$$

condition (d'ailleurs non employée) qui découle de la loi de Maxwell qui s'écrit dans ce système à $n - k = 4$

$$[(3) \text{ et } (4)] \qquad v = \frac{1}{\sqrt{\varkappa\mu}} \quad (3) \qquad \text{et} \qquad c = \frac{1}{\sqrt{\varkappa_0 \mu_0}} \quad (4),$$

c étant la vitesse de la lumière dans le vide. Tout autre choix conduit soit à des systèmes asymétriques (dans les systèmes C. G. S. on a par exemple $\varkappa_0 = 1$ et $\mu_0 = 1/c^2$, ou bien $\varkappa_0 = 1/c^2$ et $\mu_0 = 1$, ce qui exclut les relations (1), et conduit à l'interprétation quelque peu arbitraire : $n - k = 3$), soit, si l'on veut aboutir quand même à des systèmes symétriques, à l'introduction d'un facteur de proportionalité supplémentaire, ayant uniquement le rôle de compenser la contradiction qui résulterait autrement des relations (3) et (4), comme c'est le cas pour les systèmes symétriques (à $n - k = 5$) du type Gauss- Heaviside-Lorentz, où en posant $\varkappa_0 = 1$ et $\mu_0 = 1$; il devient alors nécessaire de poser

$$[(3a) \text{ et } (4a)] \qquad v = \frac{A}{\sqrt{\varkappa\mu}} \quad (3a), \qquad c = \frac{A}{\sqrt{\varkappa_0 \mu_0}} \quad (4a),$$

---

(1) Voir par exemple E. Weber, *Trans. Am. Inst. El. Ing.*, 51, n° 3, 1932, p. 737.

(2) Ces conditions de symétrie, tout en pouvant être avantageuses du point de vue formel, ne constituent cependant pas une nécessité qui découlerait des lois physiques.

(3) Les parenthèses signifient : [X] dimensions de X.

le facteur $A = c$ (ou bien $c/4\pi$) apparaissant chaque fois qu'une formule contient simultanément des grandeurs électriques et magnétiques.

Tous ces systèmes n'étant symétriques que parce qu'on pose *arbitrairement* (2) *ou bien* $[\varkappa] = [\mu]$, avec, comme correctif supplémentaire, un facteur de proportionnalité, la symétrie ainsi réalisée est forcément également arbitraire.

Il est possible, cependant, d'établir un système pour lequel les relations (1) sont automatiquement satisfaites, et cela *indépendamment des dimensions à attribuer aux grandeurs* $\varkappa$ *et* μ, et sans qu'il soit nécessaire d'introduire aucun facteur nouveau. On n'a qu'à partir de l'équivalence de l'énergie et de la masse, posée en théorie de la relativité et confirmée depuis par l'expérience [1], ce qui permet de poser

$$(5) \qquad [\mathcal{E}] = [m],$$

ce qui entraîne d'autre part

$$(6) \qquad [c] = 1.$$

Cela donne, au lieu des équations (3) et (4), l'équation unique

$$(7) \qquad \frac{v}{c} = \frac{1}{\sqrt{\frac{\varkappa}{\varkappa_0}\,\frac{\mu}{\mu_0}}} = v_r = \frac{1}{\sqrt{\varkappa_r \mu_r}}.$$

Étant donné que cela veut dire que $\varkappa$ et μ sont à remplacer dans toutes les formules par les valeurs relatives $\varkappa_r$ et μ_r, le critérium permettant de satisfaire les relations (1) devient, au lieu de la relation (2),

$$[\varkappa_r] = [\mu_r] = 1,$$

ce qui est automatiquement réalisé. La symétrie parfaite entre les grandeurs électriques et magnétiques, qu'il n'était possible d'assurer (en considérant l'énergie et la masse comme deux grandeurs foncièrement différentes) qu'en attribuant à $\varkappa$ et μ les dimensions prescrites par (2), ou bien en posant $[\varkappa] = [\mu]$ et en introduisant, à titre correctif, un facteur de proportionnalité en réalité superflu, devient une conséquence logique de l'équivalence de l'énergie et de la masse.

Les équations (5) et (6) permettent enfin de réduire le nombre des dimensions fondamentales $(n - k)$ de 3 à 2 en mécanique, et de 4 à 2 en électri-

(1) Voir notamment les travaux de Dee, Cambridge.

cité (étant donné que $c = 1$, et que $\varkappa_r$ et μ_r ne sont plus que des facteurs numériques) et de les baser uniquement sur les propriétés des ondes électromagnétiques.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Les niveaux du neutron* (1).
Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La dynamique d'un électron, dans un champ de forces, présente d'importantes particularités lorsque cette particule est animée d'une très grande vitesse. Désignons par F la force due à l'intervention du champ et par q l'angle de la direction de la vitesse v avec celle de la force en cause. Compte tenu de l'expression de la masse transversale et de celle de la masse longitudinale, on peut aisément calculer l'accélération de l'électron; cette accélération comporte deux composantes,

$$F\frac{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}{m_0}\left[\sin^2 q+\cos^2 q\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)\right],$$

$$-F\frac{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}{m_0}\frac{v^2}{c^2}\sin q\cos q,$$

la première est orientée suivant la direction de la force et la seconde, qui est perpendiculaire à celle-ci, doit être mesurée dans le sens direct.

Tant que le rapport v/c est petit, la seconde composante est elle-même très petite; mais, quand v se trouve être de l'ordre de grandeur de c, les deux composantes sont également du même ordre de grandeur. Écrivons la condition qui devrait être satisfaite pour que l'accélération fût normale à la vitesse :

$$\frac{F\frac{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}{m_0}\left[\sin^2 q+\cos^2 q\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)\right]}{\sin q}=\frac{F\frac{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}}}{m_0}\frac{v^2}{c^2}\sin q\cos q}{\cos q},$$

d'où

$$1-\frac{v^2}{c^2}=0.$$

Il en résulte qu'à la limite, si v pouvait atteindre exactement la vitesse

(1) Voir *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1744.

de la lumière, l'électron serait assujetti à conserver une vitesse invariable sur sa trajectoire, quel que soit le champ dans lequel son mouvement s'effectuerait.

Mais cette condition se trouve rigoureusement réalisée dans la liaison d'un électron et d'un proton qui constitue le neutron; nous savons en effet que, dans cette liaison, la particule, dont l'action est équivalente à celle de l'électron et du proton, se meut avec la vitesse de la lumière, que sa masse au repos M_0 est nulle, que sa masse transversale $M_0/\sqrt{1-B^2}$ a une grandeur finie bien déterminée et que, par suite, sa masse longitudinale est infinie. Il faut en conclure que, lorsque le neutron absorbe de l'énergie à partir de sa trajectoire fondamentale, ladite particule décrit une spirale avec la vitesse de la lumière, que les vitesses v et v' ne sont pas modifiées, qu'il en est de même du rapport $\lambda = r/r'$, alors que, bien entendu, la somme $r + r'$ augmente. Il y a donc conservation de l'énergie cinétique; quant à l'énergie potentielle, qui est négative, elle diminue en valeur absolue et sa variation mesure l'augmentation de l'énergie du système.

Or nous avons calculé la grandeur de l'énergie potentielle initiale (¹); elle vaut $-9{,}717 m_0 c^2$ et, lorsque l'électron et le proton se sont écartés à une distance suffisante l'un de l'autre, elle a disparu en très grande partie. Il en résulte que la masse du neutron peut être comprise dans l'intervalle limité par les nombres

$$1{,}00706 \quad \text{et} \quad 1{,}01235.$$

Recherchons si, dans cet intervalle, il se présente des paliers remarquables au point de vue quantique et, pour cela, exprimons comme suit le moment cinétique correspondant au niveau fondamental

$$\overrightarrow{C} = \frac{M_0 c}{\sqrt{1-B^2}} r\left(1+\frac{1}{\lambda}\right) = \frac{M_0 c}{\sqrt{1-B^2}} \frac{3}{2}\rho\left(1+\frac{1}{\lambda}\right)\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$
$$= \frac{h}{2\pi}\,\frac{3}{2}\,\frac{2\pi\rho}{cT}\left(1+\frac{1}{\lambda}\right)\sqrt{2\times 0{,}0053}.$$

Toutes les grandeurs qui interviennent dans cette formule sont des grandeurs quantiques, à l'exception du nombre 0,0053 qui, toutefois, est de l'ordre de $1/137 = 0{,}0073$. Il s'ensuit que, pour définir des niveaux parfaitement quantifiés, il convient de remplacer 0,0053 par $1/137$ et d'écrire

$$(21) \qquad \overrightarrow{C'} = \frac{nh}{2\pi}\,\frac{3}{2}\,\frac{2\pi\rho}{cT}\left(1+\frac{1}{\lambda}\right)\sqrt{2\times\frac{1}{137}} = \frac{nh}{2\pi}\,\frac{9}{2}\,\frac{2\pi\sqrt{3\rho\rho'}}{cT}\left(1+\frac{1}{\lambda}\right).$$

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1746.

Dès lors, en faisant successivement $n = 1, 2, 3, \ldots$, on trouve, pour les masses et les distances $r + r'$, les résultats ci-dessous :

$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	...	n infini
1,00784	1,01012	1,01085	...	1,01235
$3,31 \times 10^{-14}$ cm	$6,62 \times 10^{-14}$ cm	$9,93 \times 10^{-14}$ cm	...	infini

On obtient ainsi une complète interprétation des faits révélés par l'expérience : la masse en rapport avec $n = 1$ apparaît couramment et M. Chadwick l'avait évaluée aux environs de 1,008; quant à celle qui correspond à $n = 2$, elle s'est manifestée en particulier dans des expériences de M. et Mme Joliot, qui l'avait estimée sensiblement à 1,01.

On remarquera enfin qu'à tous les niveaux du neutron, comme à ceux de l'hydrogène, le mouvement de la particule de masse M_0 obéit simultanément et rigoureusement aux principes de Maupertuis et de Fermat.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les spectres d'émission moléculaires de quelques sels métalliques*. Note de M. **Pierre Mesnage**, présentée par M. Aimé Cotton.

Je me suis proposé d'appliquer à l'émission des spectres moléculaires des sels métalliques la décharge sans électrodes en haute fréquence. L'oscillateur de 13^m de longueur d'onde, à deux lampes de 150 watts montées en push-pull, a pour self de plaque une bobine de 9 spires de 6^{cm} de diamètre contenant suivant son axe le tube de quartz de 15^{cm} de long sur 3 de diamètre, où le sel anhydre pulvérisé est placé. Pour le vaporiser on chauffe le tube au chalumeau.

Quand on fait le vide sur le sel pour la première fois, la décharge s'amorce spontanément quand on fait osciller le poste : elle est due à des produits volatils ou à des gaz occlus qui disparaissent après quelque temps de pompage et de décharge. Alors, pour la plupart des sels, la décharge ne peut pas se rallumer quelle que soit la pression, c'est-à-dire que le champ de haute fréquence n'est pas capable à lui seul d'ioniser la vapeur saline. Si l'on fait alors entrer un peu d'argon ou de néon dans le tube, la décharge s'allume : en chauffant, le spectre du sel remplace celui du gaz rare et l'on peut pomper celui-ci sans éteindre la décharge.

Le spectre émis dépend de la pression. Dans ce montage elle ne peut être évaluée que grossièrement : quand elle est basse (moins de 1/10 de millimètre) on a surtout le spectre du métal; quand elle est plus haute

(1 à 2mm) les bandes se développent et les raies diminuent en nombre et en intensité. Des expériences avec des dispersions de 10 à 20 angströms par millimètre sur des sels variés choisis pour leur assez grande volatilité, sont encore en cours, et les premiers résultats rapportés ici sont relatifs au *chlorure d'argent*, au *chlorure de zinc* et au *chlorure de nickel*.

Un système de bandes intenses du *chlorure d'argent* dont l'origine est à 3166 Å est bien connu en *absorption* (1); il est obtenu ici en *émission* avec un développement au moins égal des divers niveaux de vibration. D'autres bandes apparaissent, toutes dégradées vers le rouge, les unes dans le visible : 4608, 4560, 4509, 4427, 4390, 4326, 4299, 4199 Å, les autres dans l'ultraviolet : 2822, 2806, 2802, 2791, 2780, 2778, 2775, 2764 Å. Leur origine ne m'est pas actuellement connue.

A faible pression le *chlorure de zinc* émet un spectre qui contient les raies du zinc et celles du chlore. Sous une pression plus élevée le spectre du chlore disparaît, la raie d'arc 4526 se voyant seule faiblement (il en est de même pour tous les chlorures que j'ai examinés); il reste le spectre d'arc du zinc qui présente un renforcement remarquable de la raie 3076 égalant à peu près en intensité les raies du triplet bleu. On observe en outre un spectre très étendu (2) qui commence certainement au-delà du rouge accessible aux plaques panchromatiques simples, et s'affaiblit dans l'ultraviolet à partir de 3600 Å pour devenir complètement indistinct vers 3400. Ce spectre paraît cannelé : il se compose d'un grand nombre de groupes de bandes, et sa structure très complexe dans le visible se simplifie à partir de 4400 Å : les groupes, d'abord à peu près symétriques (4400-4170) deviennent de plus en plus distinctement dégradés vers le rouge (4170-3700) puis de nouveau symétriques et au-delà indistincts. Beaucoup d'entre eux apparaissent résolus en bandes fines, mais la dispersion actuelle ne permet pas d'étudier utilement cette structure. De 4391 à 3620 Å 28 maxima ont été mesurés : leurs écarts en fréquence augmentant en moyenne de 1.4 cm^{-1} d'un intervalle au suivant : moyenne des cinq premiers 166 cm^{-1}; moyenne des cinq derniers 203 cm^{-1}. Ce spectre appartient peut-être à la molécule $ZnCl^2$.

---

(1) BRICE, *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 960. Cet auteur a aperçu les bandes les plus intenses en émission au moyen d'une décharge dans l'hydrogène avec une cathode recouverte de AgCl fondu.

(2) WIELAND (*Helv. Phys. Acta*, 2, 1929, p. 46) a probablement vu ce spectre, mais n'y a décrit aucune structure.

Le *chlorure de nickel* émet un spectre complexe où l'on distingue le spectre d'arc du nickel et un grand nombre de bandes dans le visible. Les plus intenses qu'il semble naturel d'attribuer à la molécule diatomique NiCl sont dégradées vers le rouge : 4081,5 (3,0), 4146,0 (2,0), 4215,9 (1,0), 4284,4 (0,0), 4399,1 (2,1), 4480,2 (1,1), 4562,9 (0,1). (Les nombres indiqués après chaque longueur d'onde représentent un classement provisoire).

Les autres bandes sont plus confuses : la plupart sont groupées en séquences avec des intervalles constants en fréquence, mais les séquences ne paraissent pas entrer dans un système unique et les bandes sont d'aspect varié. Les plus nettes sont : 4095,8, 4100,1, 04,8, 09,3 (intervalle moyen 26,7 cm^{-1}); 4305,4, 09,3, 13,6, 18,3, 22,9 (intervalle moyen 23,5 cm^{-1}) composées de bandes très courtes à aspect de raies probablement dégradées vers le rouge; et : 4512,8, 20,0, 26,4, 33,4, 42,7 (intervalle moyen 36,5 cm), bandes distinctement dégradées vers le rouge.

Dans tous ces cas, l'emploi d'une grande dispersion permettrait sans doute de préciser nos connaissances sur ces bandes.

SPECTROSCOPIE. — *Excitation des bandes de Végard-Kaplan par bombardement électronique d'un mélange d'argon et d'azote.* Note de M. **René Bernard**, présentée par M. Charles Fabry.

Dans le but de préciser l'origine et de rechercher les conditions d'excitation de la lumière du ciel nocturne, j'ai étudié systématiquement la luminosité produite par une décharge électronique dans un mélange d'argon et d'air.

Le dispositif expérimental comprend une triode dont la grille est reliée à la plaque; une pompe à diffusion permet de faire un excellent vide et deux pièges à air liquide servent à éliminer la vapeur de mercure; les ballons contenant les gaz à mélanger sont soudés sur l'installation.

Dans cette première série d'expériences j'ai appliqué à la plaque de la triode un potentiel compris entre 15 et 20 volts de façon à rester toujours en dessous du potentiel d'excitation du spectre AII.

La pression totale du mélange est généralement comprise entre $0^{mm},1$ et $0^{mm},6$ de mercure. La pression partielle de l'azote dans le mélange variait de 1/10 à 1/100 000 de la pression totale. Dans ces conditions, avec des poses de quelques minutes, on obtient des clichés bien détaillés contenant

outre les raies de AI un nombre considérable de raies et bandes d'émission d'origine étrangère.

Il existe une analogie frappante entre l'ensemble de ce spectre et celui du ciel nocturne, analogie qui s'explique facilement par la présence sur mes clichés des bandes de Vegard-Kaplan récemment retrouvées dans la lumière du ciel nocturne par MM. J. Cabannes et J. Dufay [1].

Jusqu'ici ces bandes, découvertes par Vegard [2] dans des mélanges d'azote et d'argon solides, avaient été observées également dans l'ultraviolet par Kaplan [3] qui put mesurer les premiers termes de 2300 Å à 3400 Å. C'est donc la première fois qu'elles sont observées de façon précise dans la région 3500-5500 Å en partant d'un mélange gazeux.

Le tableau suivant représente l'ensemble des nouvelles bandes mesurées sur mes clichés avec leurs intensités relatives figurées par un chiffre de o à 8.

v'.	v'' = 10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
0.....	3602,9	3889,0	4219,4	4605,0	5060,7	–	–	–	–
	3603,0(4)	3889,2(4)	4219 (1)	4605,4(2)	5060 (4)	–	–	–	–
1.....	–	3683,7	3978,8	4319,9	4718,5	–	–	–	–
	–	3683,5(2)	3979,1(3)	4319,8(2)	4718,5(2)	–	–	–	–
2.....	–	3502,4	3768,2	4072,7	4425,2	4837,6	5326,6	–	–
	–	3502,7(3)	3767,9(1)	4072,5(3)	AI	4837 (8)	5326 (0)	–	–
3.....	–	–	3582,0	3856,4	4171,0	4535,4	4962,5	–	–
	–	–	3582,2(2)	3854,7(3)	4171,2(4)	4534,5(5)	4960 (2)	–	–
4.....	–	–	–	3665,6	3948,7	4273,9	4651,1	–	–
	–	–	–	3664,5(1)	AI	AI	4649,7(4)	–	–
5.....	–	–	–	–	3750	4045,4	–	–	–
	–	–	–	–	3749,8(1)	AI	–	–	–
					Bandes de Vegard-Kaplan.				
6.....	–	–	–	–	–	–	4147,4	4495,1	–
	–	–	–	–	–	–	4144 (2)	4494,6(1)	–
7.....	–	–	–	–	–	–	3939,9	4253,1	4614,2
	–	–	–	–	–	–	3940,3(4)	AI	4616,5(3)

J'ai également fait figurer dans ce tableau la longueur d'onde calculée pour les différents termes au moyen de la formule de Herzberg modifiée comme le proposent MM. Cabannes et Dufay en diminuant de 21 cm^{-1} le

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1504.

[2] *Zeitschrift für Physik*, 75, 1932, p. 30.

[3] *Physical Review*, 45, 1934, p. 671.

terme constant; leur fréquence en cm^{-1} est alors représentée par

$$\nu = 49953,4 + (1446,46v' - 13,93v'^2) - (2345v'' - 14,445v''^2).$$

On constate en effet un bien meilleur accord entre les valeurs expérimentales et celles ainsi obtenues.

Ce tableau met en évidence la prédominance des bandes $A \rightarrow X$ appartenant aux suites $v'' - v' = 10$, 11, 12, 13 et, malgré quelques coïncidences malheureuses avec certaines raies intenses de AI, l'ensemble des termes compris dans le domaine spectral étudié se trouve bien représenté.

Sur les enregistrements microphotométriques les termes les plus intenses apparaissent nettement comme des bandes dégradées vers le rouge et la plupart du temps à tête double.

Deux faits précis renforcent encore singulièrement l'hypothèse faite au sujet de l'origine de ce spectre :

a. La présence du premier groupe positif de l'azote, largement représenté sur les clichés étudiés, prouve l'existence de molécules d'azote dans l'état métastable, niveau d'origine de ces bandes.

b. Lorsque la pression partielle de l'azote passe de 1/30 à 1/100000 de millimètre de mercure, on voit disparaître progressivement les bandes du deuxième groupe positif de l'azote, tandis que l'intensité des bandes de Vegard-Kaplan augmente. On peut essayer d'expliquer cette influence par le fait que les chocs entre molécules d'azote se font de plus en plus rares à mesure que la pression diminue, augmentant ainsi les chances d'un retour à l'état stable avec émission des bandes $A \rightarrow X$ par un processus où la présence des atomes d'argon joue sûrement un rôle important.

PHOTOGRAPHIE. — *Action de solutions aqueuses sur des images latentes photographiques d'âges différents.* Note de M. **Casimir Jausseran**, présentée par M. Charles Fabry.

Lorsqu'on effectue, en des points distincts d'une même plaque photographique, deux impressions identiques à des instants différents, les plages correspondantes du cliché définitif ont des densités inégales, par suite de l'évolution de l'image latente après l'exposition. L'accroissement de densité observé, en passant d'une pose récente à une pose ancienne, dépend du logarithme du rapport des âges de l'image latente au début du développement et lui est proportionnel, au moins dans les premières heures qui suivent

l'exposition. Pour deux poses faites avec un intervalle de temps déterminé, cet accroissement est donc d'autant plus faible que l'époque du développement est plus éloignée des époques d'exposition. Le traitement de la plaque impressionnée par diverses solutions aqueuses modifie d'une manière importante ce dernier aspect du phénomène.

J'ai étudié l'action continue de l'eau distillée et de solutions de carbonate ou de sulfite de sodium, sous des concentrations analogues à celles employées dans les révélateurs ainsi que l'action ménagée d'un désensibilisateur (écarlate basique n° III).

Si le commencement du traitement ne précède pas de plus d'une heure celui du développement, toutes ces solutions se comportent, en première approximation, comme si elles arrêtaient l'évolution, l'image latente demeurant ensuite dans l'état où elle se trouvait au début de l'action du liquide étudié. On peut s'en rendre compte sur le tableau ci-dessous, qui résume l'expérience suivante : A l'époque zéro on fait des poses simultanées sur deux morceaux de la même plaque, chacune comprenant des éclairements en progression géométrique de raison 1,6 (pose I). On recommence la même opération sur les deux clichés aux époques 35 minutes et 7 heures (poses II et III). Une demi-minute après cette dernière exposition, on place un des morceaux dans l'eau distillée : on l'y laissera jusqu'au début du développement. A l'époque 7 heures 35 minutes on effectue une dernière pose sur le morceau témoin, resté seul en châssis (pose IV); une demi-minute plus tard, on développe simultanément les deux plaques.

Sur le morceau traité, les poses I et III ont comme âges respectifs :

1° au début du traitement 7 heures et 0,5 minute.

2° au début du développement 7 heures 35 minutes et 35,5 minutes. Elles sont comparables sur le morceau témoin, soit :

1° aux poses II et IV, âgées au début du développement de 7 heures 35 minutes et de 35,5 minutes, soit

2° aux poses I et III dont les âges, au même instant, sont au contraire 7 heures et 0,5 minute.

J'ai inscrit sur la première ligne du tableau les différences entre les densités des deux plages correspondantes de la pose I et de la pose III du cliché traité; chaque colonne se rapporte à un des éclairements utilisés. Les deux autres lignes donnent les mêmes différences, soit pour les poses II et IV du cliché témoin (ligne 2), soit pour les poses I et III du même cliché (ligne 3). En l'absence de traitement les nombres de la première ligne

seraient identiques à ceux de la troisième, l'action de l'eau les rend égaux à ceux de la deuxième ligne :

Ages des poses au début du traitement.	Ages des poses au début du développement.	Différences de densités.
7 h. et 0,5 min.	7 h. 35 et 35,5 min.	0,08 0,15 0,17 0,18 0,20 0,15 0,10
Cliché témoin...	7 h. et 0,5 min.	0,06 0,11 0,17 0,20 0,16 0,11 0,11
	7 h. 35 et 35,5 min.	0,02 0,03 0,09 0,11 0,09 0,05 0,02

Les résultats sont tout à fait analogues pour une solution de carbonate de sodium agissant d'une manière continue ou pour un traitement d'une demi-minute à l'écarlate basique au 5000e.

J'ai vérifié par un autre type d'expériences la conclusion précédente. A deux époques différentes j'expose simultanément trois clichés derrière un coin photométrique. Immédiatement après la dernière pose, je les place dans un des liquides étudiés, du sulfite de sodium par exemple. Je les retire pour les développer à des époques différentes pour chacun d'eux. Pour un même éclairement, la différence de densité entre les deux poses est la même sur les trois clichés : autrement dit, cette différence est devenue, par suite du traitement subi, indépendante de l'époque du développement.

Lorsque l'intervalle de temps compris entre le début du traitement et celui du développement devient plus considérable, l'action des solutions étudiées ne peut plus s'assimiler à un arrêt complet de l'évolution. Dans le cas de l'eau et des solutions salines, les variations de densité observées sont moins considérables que ne l'exigerait cette hypothèse : l'évolution continue à une allure ralentie pendant le traitement; dans le cas du désensibilisateur, elles sont au contraire plus considérables on pourrait dire que l'évolution rétrograde légèrement.

Les expériences que je viens de résumer indiquent, d'une part, que sur une plaque non traitée l'image latente cesse à peu près d'évoluer dès qu'elle est plongée dans le révélateur; elles mettent d'autre part en évidence une dissemblance entre des images d'âges inégaux qui pourrait être rapprochée de celle constatée par P. Villard [1] entre deux images obtenues l'une par action de la lumière, l'autre par action des rayons X.

(1) P. VILLARD, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 352.

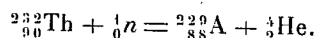
RADIOACTIVITÉ. — *Sur des éléments radioactifs formés lors de l'irradiation du thorium par les neutrons.* Note de Mme **Irène Curie** et MM. **Hans von Halban jun.** et **Pierre Preiswerk**, présentée par M. Jean Perrin.

On a vu [1] que, lors de l'irradiation du thorium par les neutrons, il se forme au moins quatre radioéléments nouveaux : un isotope du thorium, de période 25 minutes, deux isotopes de l'actinium, de période environ 15 minutes et 3 heures 30 minutes et un corps, de période environ 1 minute.

Les expériences ci-dessous permettent d'identifier ce dernier comme un isotope du radium :

Dans une solution contenant le thorium irradié par les neutrons et additionnée de La, Ba et Zr, on verse de l'ammoniaque en excès; dans le filtrat, on précipite le baryum par l'acide sulfurique. On a réussi à effectuer la mise en solution du thorium et ces deux précipitations assez rapidement pour placer le précipité de sulfate de baryum sur le compteur 2 minutes après la fin de l'irradiation du thorium. On a constaté que ce précipité entraîne l'activité de période 1 minute.

Il est donc très probable que cet élément est un isotope du radium formé d'après la réaction



$$^{232}_{90}\mathrm{Th} + ^{1}_{0}n = ^{229}_{88}\mathrm{A} + ^{4}_{2}\mathrm{He}.$$

De cet isotrope du radium doit dériver l'un ou l'autre des radioéléments de période 15 minutes et 3 heures 30 minutes que nous avons identifié comme isotopes de l'actinium.

D'autre part, nous avons pu mettre en évidence, dans le thorium irradié par les neutrons, un nouvel élément de période de 2 à 3 minutes, isotope du protactinium.

D'une solution fortement chlorhydrique contenant le thorium irradié et additionnée de La, Ba, Zr, la précipitation de Zr par l'acide phosphorique entraîne une activité qui décroît avec une période de 2,5 minutes; cette activité appartient donc très probablement à un isotope de Pa.

Pour voir si cet élément dérive du radioélément de période 25 minutes isotope du Th, nous avons précipité par H^2O^2 le thorium (irradié pendant 1 heure) en présence de Ba et La. Le précipité est dissous dans HCl

---

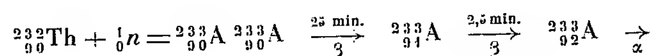
[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1841.

(à 20 pour 100); on ajoute Zr et l'on précipite par l'acide phosphorique. Le précipité entraîne une activité qui décroît en 2,5 minutes environ.

La séparation du corps de période 2,5 minutes ayant été faite 15 minutes après la fin de l'irradiation, il n'a pas pu être produit directement par les neutrons; c'est forcément un dérivé d'un autre radioélément de période plus longue, très probablement de l'isotope du thorium de période 25 minutes.

Ces expériences mettent donc, pour la première fois, en évidence, d'une façon certaine, la production artificielle de deux corps radioactifs dérivant l'un de l'autre.

Les réactions nucléaires probables sont :



$$^{232}_{90}\mathrm{Th} + {}^{1}_{0}n = {}^{233}_{90}\mathrm{A}\quad {}^{233}_{90}\mathrm{A} \xrightarrow[\beta]{25\ \mathrm{min.}} {}^{233}_{91}\mathrm{A} \xrightarrow[\beta]{2,5\ \mathrm{min.}} {}^{233}_{92}\mathrm{A} \underset{\alpha}{\rightarrow}$$

S'il existe dans la nature en proportion minime une famille radioactive naturelle (*loc. cit.*) composée de radioéléments de poids atomique $4n+1$, les corps $^{233}_{90}\mathrm{A}$ (période 25 minutes) et $^{233}_{91}\mathrm{A}$ (période 2,5 minutes) font tous deux partie de cette famille.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'acide fluorhydrique.* Note de M. **Henri Muller**, présentée par M. Georges Urbain.

Poursuivant l'application de la méthode de l'abaissement des points d'eutexie [1] nous avons étudié l'acide fluorhydrique, acide dont la formule a été souvent discutée.

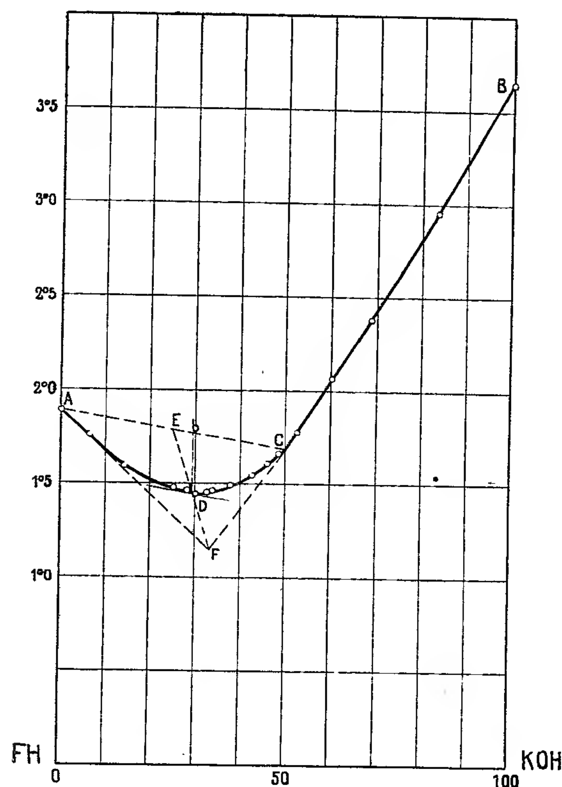
On a utilisé l'eutectique glace + nitrate de potassium dont la constante est de 16,5; les récipients et le thermomètre étaient paraffinés après chaque mesure. La courbe des abaissements moléculaires (K) en fonction de la concentration (p) est normale : elle se confond pratiquement avec une droite. L'abaissement moléculaire à l'origine, K_0, est 16,7 ou 33,4 suivant que l'on exprime K à l'aide de la formule la plus simple possible, FH, ou de la formule double F^2H^2. Comme, d'après les valeurs de la conductibilité électrique, l'acide fluorhydrique est faiblement dissocié, son K_0 doit

---

[1] E. Cornec et H. Muller, *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 1735; H. Muller, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 240; **196**, 1933, p. 1109; **197**, 1933, p. 241; **198**, 1934, p. 1774; **200**, 1935, p. 1391.

être voisin de la constante 16,5 [1]; on doit donc rejeter la formule double ou toute formule multiple, seule la formule simple FH est acceptable.

Les résultats obtenus avec le fluorure neutre de potassium s'accordent avec la formule FK ($K_0 = 16,5$; un ion, F^-, différent des ions contenus



dans le sel de fond, NO^3K); ils sont incompatibles avec une formule multiple de FK.

Le fluorure acide de potassium donne, contrairement à l'acide et au sel neutre, une courbe $K = f(p)$ fortement incurvée montrant une diminution rapide de K lorsque p augmente. Nous attribuons l'anomalie à l'intervention d'ions complexes. Le fluorure acide $[F^2H]K$ est complètement dissocié en ions K^+ et $[F^2H]^-$, ces derniers se dissocient partiellement en [FH] et F^-. Par dilution cette seconde dissociation augmente et, à la limite, l'abaisse-

(1) H. Muller, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 240.

ment moléculaire, sensiblement 33, correspond bien à un mélange d'acide et de sel neutre.

Nous avons enfin suivi l'action de la potasse sur l'acide fluorhydrique par la méthode cryoscopique de E. Cornec ([1]). La figure correspond au cas où les solutions équimoléculaires d'acide et de base renferment 0,976 mol.-g. au litre; on a porté en abscisses les compositions en volumes et en ordonnées les abaissements cryoscopiques.

Dans le cas d'un simple phénomène de neutralisation la courbe serait presque linéaire non seulement entre le sel neutre, C, et la base, B, mais aussi entre l'acide, A, et le sel neutre. La courbure de la partie ADC met en évidence une réaction limitée entre l'acide et le sel neutre. Si cette réaction de formation du fluorure acide était complète on aurait obtenu une ligne voisine de AFC ([2]).

En utilisant des solutions équimoléculaires moins concentrées, la courbure de ADC diminue et la brisure, C, caractérisant le sel neutre s'accentue.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Formation spontanée d'agrégats ordonnés dans les sols contenant des particules non sphériques.* Note de M. **Wilfried Heller**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans les sols dont les cristallicules colloïdaux ont la forme de tablettes ou de bâtonnets, il y a dans certains cas une formation d'un « taktosol ». On désigne ainsi la phase anisotrope qui peut se former spontanément dans ces sols et dans laquelle les particules primaires se fixent mutuellement, tout en sauvegardant une mobilité restreinte sur une sorte de réseau dont la symétrie rappelle, jusqu'à un certain point, celle des phases mésomorphes. Ces taktosols contiennent des éléments indépendants les uns des autres et dont la forme est très caractéristique. On les appelle des taktoïdes. On peut les considérer comme des agrégats très ordonnés des particules primaires si l'on veut encore appliquer le mot *agrégat* dans ce cas où les cristallicules gardent entre eux une distance qui peut atteindre ou même dépasser une longueur d'onde.

Nous avons observé qu'il y a encore d'autres espèces d'agrégations anisotropes dans certains sols. Mais il ne s'agit pas alors des agrégats du type

---

([1]) E. Cornec, *Ann. Chim. Phys.*, 29, 1913, p. 490.

([2]) La positon de F est déterminée par l'intersection des droites $x = 33,3$ et ED; E milieu de AC; D point pour lequel l'écart cryoscopique bD est maximum.

des taktoïdes, mais plutôt de groupements anisotropes des agrégats élémentaires. Leur formation n'est possible que si ces agrégats élémentaires sont eux-mêmes anisotropes, au moins dans leur forme. Nous avons déjà décrit les *gels plissés* (1), qu'on obtient dans les sols d'oxyde de fer très stables, par une coagulation très lente par un électrolyte, et qui donnent à l'ensemble du précipité un aspect strié. Nous y ajoutons une deuxième espèce dont l'anisotropie est encore bien supérieure, de groupements d'agrégats. Nous les avons trouvés à deux reprises dans des sols d'oxyde de fer coagulés mécaniquement : il s'agissait des sols très difficiles à coaguler mécaniquement (2). Dans ces conditions il s'y forme très peu d'agrégats très fins et qui sont pourvus d'une anisotropie considérable de la structure et de la forme, qu'on ne pourrait obtenir par aucun autre procédé. On observe alors, en effet, après quelque temps au fond des récipients (tubes à essais) un dépôt mince d'une structure très régulière ayant la forme d'une houppe.

Si l'on regarde à travers cette structure transparente en employant un microscope polarisant, en nicols croisés, on remarque qu'elle est fortement biréfringente et qu'elle donne un croix noire qui tourne avec les nicols. C'est bien le dépôt, qui est biréfringent; car les tubes à essais vides employés ne donnaient rien de semblable et ne montraient au fond aucune strie. D'autre part, l'épaisseur du dépôt en question peut atteindre quelques dizièmes de millimètres. C'est pourquoi, si ce sont des stries rayonnantes invisibles du verre qui ont provoqué le caractère de structure du dépôt, ces stries auraient simplement servi d'amorces. Car l'orientation des agrégats à travers toute l'épaisseur du dépôt ne se comprend que comme effet des forces interparticulaires. Ce sont ces forces également qui provoquent l'orientation des particules dans les taktoïdes.

Si l'on détruit ces structures par agitation, elles se forment de nouveau au cours d'une journée. Mais si l'on ajoute très peu d'électrolyte, pas assez pour que celui-ci augmente le degré de la coagulation, elles ne se forment plus; on obtient alors plutôt un sédiment tout à fait homogène et isotrope, quoique les agrégats élémentaires n'aient pas changé visiblement de caractère. Car les sols montrent toujours une forte biréfringence par écoulement et un chatoiement brillant. Tout cela rappelle les propriétés de certains taktoïdes.

---

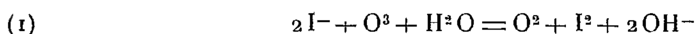
(1) *Koll. Zeitschr.*, 50, 1930, p. 125.
(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1776.

Nos structures s'apparentent quelque peu avec les structures des gels décrites par P. Bary [1]. Mais elles n'ont au fond rien de commun avec ces dernières. Car les structures de Bary, qui sont du genre des structures de gels bien étudiées par G. Quincke [2] ne se forment qu'au cours de la dessiccation des sols et sont probablement explicables par les tensions intérieures qui existent pendant cette dessiccation.

Nos structures au contraire ne se forment qu'à l'intérieur de la liqueur et s'anéantissent complètement si au-dessus du dépôt la liqueur s'évapore.

CHIMIE MINÉRALE. — *Complexité de la réaction entre l'ozone et l'iodure de potassium.* Note de MM. **Jules Guéron** et **Marcel Prettre**, présentée par M. Charles Fabry.

On représente habituellement l'action de l'ozone sur l'iodure de potassium par l'équation



$$2\,I^- + O^3 + H^2O = O^2 + I^2 + 2\,OH^- \qquad (1)$$

Cette réaction est la base d'un dosage de l'ozone, exact seulement si la solution d'iodure de potassium est tamponnée au voisinage de pH 7. Cette technique a été établie par Juliard et Silberschatz [3] en comparant l'oxydation de l'iodure et la décomposition thermique de l'ozone. Si la solution est alcaline, ou non tamponnée, on a un déficit d'iode (2 à 5 pour 100) attribué à une décomposition catalytique de l'ozone par les ions OH^- [voir aussi Weiss [4]]; en solution acide, on a un excès d'iode (jusqu'à 30 pour 100).

Nous allons montrer que si, en solution neutre tamponnée, l'équation (1) est conforme au bilan de la réaction, elle est loin d'en représenter le mécanisme.

Juliard et Silberschatz titrent l'iode libéré par une solution de thiosulfate après avoir ajouté une quantité appréciable d'acide sulfurique. Or l'iode se titre parfaitement au thiosulfate en solution neutre. Dans une série d'expériences, où l'oxydation s'effectuait en récipient clos ou en courant gazeux, nous nous sommes attachés à exécuter le

---

(1) *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1540.
(2) *Ann. Phys.*, 4e série, 9, 1902, p. 969; 15, 1904, p. 28.
(3) *Bull. Soc. chim. Belge*, 37, 1928, p. 205.
(4) *Trans. Far. Soc.*, 31, 1935, p. 668.

titrage d'abord en milieu neutre, puis après addition d'acide. Ce procédé simple donne les résultats suivants :

1° L'acidification entraîne toujours la mise en liberté d'une quantité d'iode supplémentaire. Ceci implique que l'ozone, agissant sur IK dissous dans un tampon aux phosphates de pH6,8, donne non seulement de l'iode libre, mais un dérivé oxygéné de cet élément, dérivé que nous prouverons être un iodate (¹).

2° Le pouvoir oxydant total, déterminé en deux temps ou en acidifiant de prime abord, est constant. Il est indépendant de la concentration en iodure et de la proportion d'iodate formé.

3° Celle-ci, pour un même oxygène ozonisé et une même solution, peut varier considérablement : dans deux expériences parallèles, la fraction du pouvoir oxydant total libérée par addition d'acide est 60 pour 100 dans un cas, 22 pour 100 dans l'autre.

Pour rendre compte de cette formation d'iodate, on est amené à envisager les hypothèses suivantes :

A. *Action de l'iode libéré sur la solution de réactif.* — La réaction : $3\,I^2 + 6\,OH^- = 5\,I^- + IO^{3-} + 3\,H^2O$ ne peut être invoquée ici. Liévin (²) a montré qu'elle ne se produit pas dans une solution de phosphate disodique, donc, *a fortiori*, dans le mélange tampon utilisé : $PO^4Na^2H + PO^4NaH^2$. D'ailleurs, si, à une solution tamponnée d'iodure, on ajoute les quantités d'iode et de potasse que donnerait l'ozone [selon l'équation (1)] dans les conditions de nos essais, il ne se forme pas trace de composés susceptibles de libérer de l'iode par acidification.

B. *Oxydation par l'ozone de l'iode préalablement libéré.* — Cette hypothèse est à rejeter pour deux raisons : 1° dans ce cas le pouvoir oxydant du réactif acidulé serait plus élevé que ne l'exige l'équation (1), ce qui est contraire aux résultats de Juliard et Silberschatz; 2° si l'on fait agir l'ozone sur un mélange d'arsénite et d'iodure en solution tampon, il n'apparaît jamais d'iode libre. Cependant il se forme au moins autant d'iodate qu'en l'absence d'arsénite (³).

(¹) Nous avons vérifié qu'une solution d'iode dans IK, dans le même tampon, décolorée par le thiosulfate, ne se colore pas à nouveau par addition d'acide.

(²) O. Liévin, *Thèse*, Paris, 1923.

(³) Dans ces conditions de milieu, l'arsénite ne réduit pas l'iodate. Si donc, dans un tel réactif, on titre l'arsénite restant après action de l'ozone au moyen d'une liqueur d'iode, l'iodate formé échappe à la mesure. Le titrage correct s'effectue ainsi : on ajoute un excès connu d'une liqueur titrée d'iode, puis on dose en deux temps par le thiosulfate. On trouve alors une bonne concordance entre les résultats analytiques portant sur diverses prises d'un gaz ozonisé donné, quel que soit le réactif employé : IK à 20 pour 100, IK à 1 pour 100, arsénite N/50 dans IK à 1 pour 100 ou dans IK à 20 pour 100, toujours en solution tampon. Par contre, l'arsénite alcalin seul réagit très lentement.

Peut-être est-ce pour n'avoir pas vu cette formation d'iodate que E. Briner et H. Paillard (*Helv. Chim. Acta*, **18**, 1935, p. 234), ont été amenés à dire que les mélanges d'iodure et d'arsénite sont des réactifs de l'ozone d'autant plus mauvais que celui-ci est plus concentré ?

C. Il faut donc conclure que l'*iodate se forme en même temps que l'iode, par un processus indépendant.* La première réaction qui vient à l'esprit est : $I^- + O^3 = IO^{3-}$. Elle conduirait à un désaccord entre le dosage à l'iode et la décomposition thermique, le premier donnant des résultats trop forts. Pour tenir compte à la fois de l'accord de ces deux méthodes, de la présence d'iodate, et de la constance du pouvoir oxydant total, quelle que soit la proportion d'iodate, on doit admettre que la formation de celui-ci obéit à l'équation globale : $I^- + 3O^3 = IO^{3-} + 3O^2$. Cette équation ne saurait être qu'un bilan; la formation d'iodate est la conséquence d'une réaction primaire qui nous échappe.

La meilleure preuve de l'indépendance des deux processus, qui aboutissent l'un à la formation d'iode, l'autre à celle d'iodate, est donnée par la possibilité d'obtenir exclusivement ce dernier. Il suffit pour cela de faire agir de l'oxygène ozonisé (environ 5 pour 100 O^3) sur une solution concentrée d'iodure, en faisant arriver le gaz dans la solution à travers une plaque de verre fritté. La solution jaunit alors à peine; elle ne devient pas alcaline (quand l'iodure a été dissous dans l'eau et non dans la solution tampon); le pouvoir oxydant se manifeste presque exclusivement (99 pour 100) après acidification.

La réaction se passe au contact même de la plaque filtrante : en effet, par lavage de la face de cette plaque par laquelle arrive le gaz, on obtient une solution contenant un mélange d'iodure et d'iodate de potassium beaucoup plus riche en iodate que la solution traitée. Dans cette solution de rinçage, nous avons mis en évidence, par plusieurs réactions analytiques, la présence d'ions iodate.

En résumé, l'action de l'ozone sur l'iodure de potassium peut suivre deux chemins, l'un donnant de l'iode, l'autre un iodate et tous deux de l'oxygène. L'équation globale de réaction est la même dans les deux cas, après qu'on a détruit l'iodate par acidification. La formation d'iodate est d'autant plus importante que l'ozone et la solution d'iodure sont plus concentrés; c'est, à coup sûr, une réaction hétérogène, et elle procède seule lorsque gaz et solution de concentrations convenables réagissent en présence de verre fritté. En même temps, il y a, au contact du verre, une certaine décomposition catalytique de l'ozone sans qu'on puisse dire si ces deux processus hétérogènes sont ou non indépendants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les éthers alcoyl- et arylsulfiniques.* Note de MM. **Pierre Carré** et **David Libermann**, présentée par M. Georges Urbain.

Les éthers alcoyl- et arylsulfiniques $R-S(=O)-OR'$ ont été obtenus jusqu'à présent à partir des acides ou des chlorures d'acides correspondants.

Les acides alcoylsulfiniques sont très peu stables, ce qui explique que deux éthers alcoylsulfiniques seulement, le *n*-butylsulfinate et l'isoamylsulfinate d'éthyle aient été préparés jusqu'ici ([1]).

Les acides arysulfiniques sont plus stables que les acides alcoylsulfiniques et d'un accès plus facile, et l'on connaît déjà un certain nombre d'éthers arysulfiniques ([2]); cependant la préparation de ces éthers à partir de substances usuelles est encore assez longue.

Il nous a paru qu'il serait intéressant d'avoir une méthode plus simple et plus rapide pour la préparation des éthers alcoyl- et arylsulfiniques.

Nous avons réussi à obtenir très simplement ces éthers en faisant réagir les dérivés organo-magnésiens sur les chlorosulfites d'alcoyle, suivant :



$$R.MgCl + Cl - S(=O) - OR' = R - S(=O) - OR' + Cl^2Mg,$$

les chlorosulfites d'alcoyle s'obtenant eux-mêmes avec la plus grande facilité à partir des alcools et du chlorure de thionyle, ainsi que nous l'avons déjà montré ([3]).

On dissout 1^{mol} de chlorosulfite d'alcoyle dans 3^{vol} d'éther anhydre, on refroidit vers 0°, et l'on ajoute, goutte à goutte, $1^{mol},2$ de dérivé organo-magnésien. La réaction se produit avec un échauffement très notable; on décompose ensuite par une solution aqueuse glacée de chlorure d'ammonium, on décante la solution éthérée, on lave à l'eau, on sèche sur le sulfate de soude anhydre et l'on distille. Les premiers termes des éthers alcoylsulfiniques peuvent être distillés dans le vide sans décomposition et séparés des produits secondaires de la réaction (sulfinones, sulfures et sulfites d'alcoyle). Les éthers suivants ont été ainsi préparés avec d'assez bons rendements (40 à 60 pour 100 de la théorie), sauf l'éthylsulfinate d'éthyle pour lequel le rendement est médiocre (15 à 20 pour 100).

Éthylsulfinate d'éthyle, $Éb_{16} = 60°$. — *Éthylsulfinate de n-butyle*, $Éb_{13} = 90$-$92°$. *n-propylsulfinate d'éthyle*, $Éb_{13} = 69$-$71°$. — *n-butylsulfinate d'éthyle*, $Éb_{15} = 89$-$91°$. — *n-butylsulfinate de n-butyle*, $Éb_{13} = 112°$. — *n-octylsulfinate de n-butyle*, $Éb_{30} = 167$-$172°$, avec décomposition partielle.

Les éthers alcoylsulfiniques ainsi préparés sont des liquides incolores, possédant une odeur forte caractéristique, un peu alliacée, non désagréable, stables à l'air; nous n'avons pas observé leur oxydation rapide en alcoyl-

(1) BRAUN et WEISSBACH, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 63, 1930, p. 2836.

(2) OTTO et RÖSSING, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 18, 1885, p. 2495; 26, 1893, p. 309. — TRŒGER et MEINE, *J. f. prakt. Chem.*, 2e série, 68, 1904, p. 319.

(3) P. CARRÉ et D. LIBERMANN, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 799; 196, 1933, p. 1419; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 1050.

sulfonates signalée par Braun et Weissbach (*loc. cit.*), cela tient peut-être à ce que les éthers ainsi obtenus sont isolés plus facilement à l'état de pureté.

Les éthers arylsulfiniques ne peuvent être distillés dans le vide sans décomposition, de sorte que l'on ne peut les obtenir à l'état de pureté.

En ajoutant $1^{mol},1$ de bromure de phényle-magnésium à la solution éthérée de 1^{mol} de chlorosulfite d'éthyle (et non l'inverse), on est bien conduit au phénylsulfinate d'éthyle d'Otto et Rössing (*loc. cit.*), mais cet éther est complètement décomposé par la chaleur, même dans le vide, en produits goudronneux. Sa présence a été confirmée par la réaction de deux autres molécules de dérivé organo-magnésien; après 2 heures de contact du phénylsulfinate d'éthyle avec 2^{mol} de bromure de phényle-magnésium, décomposition du complexe magnésien par l'acide chlorhydrique, et distillation de la solution éthérée, on obtient environ 2/3 de diphénylsulfinone, avec une petite quantité de sulfure de phényle et de chlorure de phényle.

La réaction du phénylsulfinate d'éthyle avec le bromure de phényle-magnésium donne donc principalement de la diphénylsulfinone suivant :

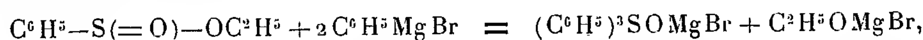


$$C^6H^5{-}S({=}O){-}OC^2H^5 + C^6H^5MgBr = (C^6H^5)^2SO + BrMgOC^2H^5,$$

ce qui est en accord avec les résultats obtenus par Grignard et Zorn (¹) et Strecker (²) dans la réaction du chlorure de thionyle avec le bromure de phényle-magnésium.

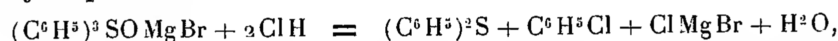
L'obtention simultanée d'une petite quantité de sulfure et de chlorure de phényle s'explique très probablement par le mécanisme suivant :

L'éther sulfinique réagirait d'abord avec 2^{mol} de bromure de phényle-magnésium, suivant :



$$C^6H^5{-}S({=}O){-}OC^2H^5 + 2C^6H^5MgBr = (C^6H^5)^3SOMgBr + C^2H^5OMgBr,$$

le complexe magnésien ainsi formé étant ensuite décomposé par l'acide chlorhydrique selon



$$(C^6H^5)^3SOMgBr + 2ClH = (C^6H^5)^2S + C^6H^5Cl + ClMgBr + H^2O,$$

plutôt qu'avec formation intermédiaire de chlorure de triphénylsulfonium $(C^6H^5)^3SCl$; ce dernier est bien décomposable par la chaleur en chlorure de phényle et sulfure de phényle, mais il est insoluble dans l'éther, et l'on peut difficilement admettre la présence de ses produits de décomposition parmi les substances provenant de la solution éthérée.

(¹) *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 1177.

(²) *Ber. Dtsch. chem. Ges.*, **43**, 1910, p. 1131.

Ces résultats rendent aussi très peu vraisemblable l'interprétation donnée par Oddo ([1]) de la présence du sulfure de phényle parmi les produits de la réaction du bromure de phényle-magnésium avec le chlorure de thionyle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'éthylate de sodium sur les esters crotoniques γ-halogénés.* Note de M. **René Rambaud**, présentée par M. Robert Lespieau.

L'éthylate de sodium, en solution éthéro-alcoolique ou benzénique, réagit sur le γ-chloro-crotonate d'éthyle $CH^2Cl - CH = CH - COOC^2H^5$ non pas, comme on s'y attendrait, en substituant le radical éthoxy à l'halogène, mais en saturant la double liaison par une molécule d'alcool et en respectant le chlore. On aboutit ($R = 25$ pour 100) à un éthoxy-γ-chloro-butyrate d'éthyle (sans doute le β-éthoxy) :

(A). Éb. 108-108°,5 sous 20^{mm}; $d = 1,078$, $n = 1,436$ à 17°,5; R. M. calculé 47,17, théorie 47,32; P. M. cryoscopique 198, théorie 194,5; Cl pour 100 mesuré 18,0, théorie 18,2,

dont la saponification par la soude ne permet pas d'isoler l'acide mais seulement la lactone γ-hydroxy-butyrique éthoxylée (sans doute en β) :

Éb. 131°,5 sous 20^{mm}; $d = 1,115$, $n = 1,443$ à 18°; R. M. calculé 30,91, théorie 31,01; P. M. par neutralisation 127, théorie 130.

Le γ-bromo-crotonate d'éthyle réagit dans un tout autre sens que son analogue chloré, et la réaction observée semble s'écarter encore davantage des réactions classiques (la fixation d'une molécule d'alcool à une double liaison, encore qu'assez rarement observée,, n'étant aucunement exceptionnelle). Le seul produit isolable par distillation à l'état de pureté ($R = 25$ pour 100) est un liquide odorant, très mobile, ne contenant plus d'halogène, dont les constantes, après rectification soignée, sont les suivantes :

(B) Éb : 82° sous 18^{mm}; $d = 0,994$, $n = 1,429$ à 17°.

Ces constantes, qui diffèrent nettement de celles obtenues par Lespieau ([2])

([1]) *Gazz. Chim. Ital.*, **41**, 1911, p. 11.
([2]) *Bull. Soc. chim.*, 3e série. **33**, 1905, p. 469.

pour le γ-éthoxy-crotonate d'éthyle, ne correspondent qu'approximativement à celles d'un isomère de position (R. M. calc. 40,98, théorie 41,87) bien que les résultats indiqués ci-dessous de la combustion, d'un dosage d'éthoxy, d'un indice de saponification, soient indiscutablement en faveur d'une formule globale du type $C^2H^5O(C^3H^4)COOC^2H^5$:

Substance : 0,3328 et 0,4086; trouvé pour 100 : H = 8,67 et 8,67; C = 61,3 et 60,4; théorie : 8,86 et 60,8.

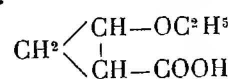
Substance : 0,2148; dosage d'éthoxy C^2H^5O, 53,2 pour 100; théorie : 57.

Substance : 1,2584; poids moléculaire déduit d'une saponification par la potasse alcoolique : 159, théorie : 158.

La nature éthylénique du produit B semblait admissible parce qu'une solution chloroformique de brome est assez rapidement décolorée par lui et qu'une mesure grossière indique deux atomes d'halogène absorbés par molécule. Toutefois le bromure obtenu, huileux et indistillable sans decomposition n'avait pu être analysé. La solution acétonique de permanganate réagit également avec énergie, sans qu'on puisse isoler les produits formés.

Par contre, plusieurs tentatives d'hydrogénation, soit de la substance elle-même, soit de l'acide qui résulte de sa saponification, ont toutes échoué. En outre l'action de l'ozone est, sinon nulle, du moins extrêmement faible, et ces deux résultats cadrent mal avec l'hypothèse d'une double liaison dans la chaîne.

L'effet Raman a permis de lever l'indécision. Le produit n'est pas un éthylénique, car son spectre ne comprend absolument aucune raie entre 1454 et 1733 cm^{-1}. La seule hypothèse possible, compatible avec la formule et les propriétés de notre produit est donc celle d'un dérivé du cyclopropane. Il constitue très vraisemblablement l'ester éthylique de l'acide éthoxy-2-cyclopropane-carbonique-1.



R. M. calc. 40,98, théorie 40,26, dont là formation s'expliquerait par la naissance primitive d'un dérivé d'addition analogue à celui (A) observé à partir du γ-chlorocrotonate d'éthyle. Ce dérivé, stable pour le chlorure [on constate toutefois la présence de très faibles quantités de (B) (ordre de 4 pour 100) à côté du produit (A)] aurait pour le bromure une stabilité moindre et perdrait spontanément, avec cyclisation, une molécule de HBr.

L'éthoxy-ester (B) s'obtient également à partir du γ-bromo-crotonate de

propyle, le radical C^2H^5 se substituant au radical C^3H^7 lors de l'action de l'éthylate de sodium (nous n'avons pas étudié l'action du propylate). Par contre en traitant le γ-bromo-crotonate de méthyle par le méthylate de sodium on observe la formation d'un homologue du produit B, qui n'a pu être obtenu dans un grand état de pureté. Ce serait le méthoxy-2-cyclopropane carbonate de méthyle.

Éb : 61-62° sous 16mm; $d=1,059$, $n=1,433$ à 17°; R. M. calculé 31,91, théorie 31,02; P. M. par saponification 126, théorie 128.

La réaction des alcoolates sur les γ-bromo-crotonates semblerait donc susceptible de conduire d'une façon générale aux esters des acides alcoxy-cyclopropane-carboniques. Elle est intéressante, malgré la faiblesse de son rendement, puisqu'elle serait actuellement la seule qui permette d'arriver à cette classe de substances.

Les spectres Raman d'un certain nombre de carbures cyclopropaniques ont été réalisés et décrits (1). Le cycle triangulaire y est caractérisé par une raie forte vers 1200, des raies faibles vers 740 et 1450 et deux raies fortes vers 3000 et 3065. Le spectre de notre éthoxy-ester présente des raies à 1224, 727 et 1454, mais seule la dernière est intense (c'est la plus intense du spectre entier); il n'y a pas de raies visibles au delà de deux raies faibles mais nettes à 2935 et 2891. Il serait bon, par conséquent, avant de conclure définitivement à l'existence d'un noyau triangulaire dans notre substance, de comparer son spectre à ceux d'autres esters cyclopropaniques, afin d'examiner si l'existence de substitutions autres que des groupes hydrocarbonés ne modifie pas les fréquences propres du cycle triméthylénique dans le sens où nous l'observons. Cette étude est entreprise.

LITHOLOGIE. — *Sur la recristallisation des diorites et diorites quartziques du plateau de Manson (Puy-de-Dôme) sous l'influence du métamorphisme de contact granitique*. Note (2) de M. **Jean Jung**.

Le Puy de Manson est, à l'altitude de 998m, l'un des points culminants du plateau qui forme, au sud-ouest de Royat, le socle volcanique de la Chaîne volcanique des Puys. Il est constitué par un granite leucocrate à

(1) Lespieau, Bourguel et Wakeman, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 51, 1932, p. 400.

(2) Séance du 12 juin 1935.

deux micas, à grain fin, que la Carte géologique [1] englobe dans le complexe des granulites, et dont le massif recoupe des terrains très variés : cornéennes, diorite quartzique, granite porphyroïde commun, etc. Il contient des enclaves de toutes ces formation, mais les plus fréquentes, dans les carrières ouvertes sur le flanc méridional du Puy de Manson, sont constituées par la diorite quartzique. Les blocs enclavés sont parfois si grands et si nombreux que la roche n'est plus exploitée en ces points.

La diorite quartzique forme un massif de quelques kilomètres carrés, sur les pentes entre Manson et Royat. La structure de la roche est largement grenue, l'aspect mésocrate. Les minéraux de première consolidation sont la hornblende et la biotite, accompagnées de cristaux d'andésine, zonés et maclés. L'oligoclase, peu maclé, et le quartz achèvent la cristallisation. Enfin, cette roche contient des enclaves anguleuses d'une diorite à grain très fin.

Les enclaves du granite de Manson sont incontestablement faites de cette roche. On y retrouve même les enclaves de diorite dans leur intérieur, mais elles présentent des modifications, dont il est facile, d'ailleurs, de reconstituer la gamme progressive. Les grands cristaux de biotite et de hornblende sont, d'abord, détruits. Ils ont donné naissance à un fin agrégat de lamelles de biotite et de hornblende secondaires, qui s'introduisent et s'irradient dans les plus imperceptibles interstices entre les minéraux. L'aspect est presque lamprophyrique à l'œil nu. Dans un stade plus avancé, les plagioclases recristallisent à leur tour. Leurs contours deviennent spongieux et ils sont noyés dans une pâte de petits cristaux de quartz et d'oligoclase de néoformation, associés à la biotite ou à la hornblende secondaires; certaines plages deviennent granoblastiques. Enfin il existe des zones, plus restreintes, de cristallisation totale, d'aspect hétérogène, malchitique ou corné. L'action du métamorphisme peut ne pas s'arrêter là. L'amphibole peut quitter la roche et s'accumuler dans des cassures, dont on voit encore le tracé linéaire ou anguleux, à travers l'enclave. Son polychroïsme est alors nettement bleuâtre. Le terme extrême de la transformation, subie par la diorite quartzique, est, ainsi, représenté par des enclaves où des filonnets de hornblendite traversent des sortes de plagioclasolites, d'aspect lamprophyrique, et dépourvues d'amphibole.

---

[1] *Carte géologique détaillée de la France*. Feuille de Clermont.

Ainsi qu'il est fréquent, ces modifications mettent en évidence avec une netteté particulière, des phénomènes que l'on retrouve sur une plus grande échelle, dans le métamorphisme de contact ([1]).

Une grande partie du massif de diorite quartzique de Charade est plus ou moins affectée de semblables transformations. Certaines roches recristallisées, associées à des cornéennes, ont parfois été confondues, sur la carte, avec celles-ci (Pépinière, Rocher du Salut).

Des observations analogues ont été faites au Lac de la Cassière, où Aug. Michel-Lévy avait décrit, autrefois, le passage du granite porphyroïde normal à un granite à amphibole, chargé d'enclaves de cornéennes basiques. On peut démontrer que le granite amphibolique à enclaves est plus ancien que le granite normal, car il a recristallisé en même temps que les cornéennes incluses. Sa structure irrégulière, à plages granoblastiques, sa biotite et sa hornblende secondaires sont démonstratives à cet égard. Les cornéennes pyroxéniques enclavées sont d'origine sédimentaire, tandis que les cornéennes amphiboliques qui leur sont associées, semblent devoir être considérées comme des diorites recristallisées. Il est probable que dans la région, toute voisine, du Lac d'Aydat, célèbre par ses phénomènes de métamorphisme de contact, des associations semblables de cornéennes vraies et de roches éruptives recristallisées pourront être observées ([2]).

En résumé sur les plateaux de terrains anciens, au sud-ouest de Royat, des venues magmatiques successives ont métamorphisé, non seulement des sédiments schisteux, gréseux ou calcaires, mais aussi les roches éruptives appartenant aux termes les premiers consolidés. En particulier, nous avons observé la recristallisation de la diorite, de la diorite quartzique et du granite à amphibole, sous l'influence de granite porphyroïde normal ou du granite à deux micas. Ainsi se trouve démontrée, en même temps, l'antériorité des formations basiques, par rapport au granite.

([1]) A. Lacroix, *Les enclaves des roches volcaniques*, 1893.

([2]) Aug. Michel-Lévy, *Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Clermont-Ferrand*, 1890; A. Lacroix, *Le granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact*. Premier Mémoire (*Bull. Service de la Carte géologique*, n° 64, 10, 1898, p. 59).

LITHOLOGIE. — *Les amphibolites du massif de Zlatibor (Serbie occidentale).* Note de M. **Stoyan Pavlovitch.**

Des schistes cristallins constitués par des amphibolites, se rencontrent dans le massif de Zlatibor. Ils sont surtout développés dans sa bordure Nord où ils forment une masse allongée (Bioska, Vrutci, Kremna) ou des bandes étroites (Kadina Glava, Bare); on les trouve aussi dans le centre du massif (Palisad). Au Sud ils sont grenatifères (Varda). Leur superficie totale est d'environ 30^{km^2}. Ils reposent directement sur les péridotites sauf, dans le cas de contacts anormaux, où ils en sont séparés par une zone de phyllites (Palisad).

Les quelques études dont ils avaient fait jusqu'à présent l'objet (Milovanović, Hammer) n'étaient accompagnées d'aucune analyse chimique. Aussi a-t-on attribué à tort leur origine à un métamorphisme de contact des phyllites par le magma péridotique. Géologiquement déjà une telle hypothèse était bien invraisemblable, car on ne trouve ni enclaves d'amphibolites dans les péridodites, ni aucun exemple de digestion par le magma; et même, si l'on admettait cette digestion, il s'agirait d'expliquer la schistosité de ces roches qui ne peut être due qu'à de puissantes actions dynamiques. Le but de cette Note est de démontrer que ces roches sont en réalité des orthoamphibolites.

Au microscope, leur structure est le plus souvent nématoblastique, parfois cataclastique (modification par broyage de la structure granoblastique) dans la partie inférieure de la série. On peut distinguer trois types :

1. *Des amphibolites très feldspathiques*, assez rares (Vrutci) renfermant une hornblende verte polychroïque, des plagioclases (50-60 pour 100 d'An) le plus souvent transformés en zoïsite, séricite ou prehnite; et enfin du sphène, parfois en grands cristaux (analyse 2).

2. *Des amphibolites peu feldspathiques*, très abondantes, dont le plagioclase en voie d'altération renferme 60-70 pour 100 d'anorthite; elles sont un peu pyroxéniques (analyses 6-7).

3. *Des amphibolites non feldsphatiques*, *à pyroxène et grenat*, on les trouve dans le Varda (Huseinova Ravan) entre les gabbros ouralitisés et les lherzolites. Leur structure est granoblastique. Les grenats sont entourés d'une couronne kélyphitique formée de zoïsite, de hornblende et de prehnite (analyse 5).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
SiO^2	40,16	47,00	48,12	46,16	41,22	44,90	45,16	50,88
Al^2O^3	14,26	14,56	14,98	13,80	14,22	15,18	16,06	14,34
Fe^2O^3	1,14	2,81	1,75	2,93	4,54	1,99	0,66	2,11
FeO	5,88	8,28	7,88	8,37	8,37	5,97	3,08	6,37
MnO	0,16	0,20	0,16	0,19	0,25	0,16	0,07	0,17
MgO	26,20	9,79	9,11	11,19	11,66	13,42	15,36	6,35
CaO	8,04	11,52	11,64	11,78	14,60	14,80	16,08	12,22
Na^2O	0,84	2,71	2,61	2,30	1,04	1,01	0,92	4,02
K^2O	0,15	0,30	0,68	0,32	0,24	trace	0,19	0,49
TiO^2	0,24	1,44	1,20	1,50	2,18	0,84	0,18	1,32
P^2O^5	trace	0,11	0,12	0,08	0,17	néant	néant	0,06
H^2O+	2,50	1,19	1,40	1,25	0,93	1,60	1,62	1,26
H^2O-	0,19	0,10	0,23	0,19	0,20	0,25	0,23	0,26
CO^2	0,29	néant	trace	trace	0,54	trace	néant	néant
Fl	néant	0,23	0,19	0,05	néant	0,10	0,22	0,23
Cr^2O^3	0,18	néant	0,05	0,04	0,08	0,09	0,29	trace
	100,23	100,24	100,12	100,15	100,24	100,21	100,12	100,08
Σ^c	39,73	50,47	52,74	46,68	41,39	44,16	44,41	53,96
Né	3,36	0,78	0,14	0,92	2,34	1,70	4,12	2,77
Diopside	2,19	23,73	23,82	25,67	27,92	29,40	31,70	32,60
Péridot	52,66	17,19	16,28	18,91	17,27	19,89	19,91	5,85
An %	97	54	55	59	87	85	99	45

1. Amphibolite à olivine et spinelle (Kadina Glava) .... III'.5'.(4)5.'5[1.5.1.1(2)]
2. Amphibolite feldspathique (Vrutci) .... III.5.'4.'5[(1)2.'3.2.2']
3. Amphibolite (Krnda) .... III.5.'4.4(5)[1(2).(2).3.2.2']
4. Amphibolite non feldspathique (Kadina Glava) .... III.5.4.'5[(1)2.'3.2.2.]
5. Amphibolite à grenat (Huseinova Ravan) .... III'.5.4(5).(4)5[2.2.(2)3.2]
6. Amphibolite peu feldspathique (Bioska, Strmac) .... III.5.(4)5.5[1'.(2)3.2.2]
7. Amphibolite à pyroxène (Kadina Glava) .... III.5(6).(4)5.(4)5[1.(2)3.2.1(2)]
8. Amphibolite feldspathique (Palisad, sommet) .... III.5.3.'5[1(2).(1)2.2(3).2(3)]

La répartition de ces différents types de roches est très irrégulière, mais il semble bien que les types très feldspathiques forment la partie supérieure de la série et que les types peu feldspathiques et pyroxéniques sont à sa base. Parmi ces derniers il en est un qui mérite une mention particulière. C'est une amphibolite de Kadina Glava (analyse 1) constituée par une amphibole peu colorée, un peu de pyroxène et des phénoblastes de péridot; la présence de ce minéral est l'indice d'une recristallisation à grande profondeur. La roche est en outre très riche en spinelle. L'étude chimique de toutes ces roches (10 analyses de M. Raoult) montre qu'elles proviennent de la transformation de gabbros par dynamométamorphisme. Ce sont des *orthoamphibolites* et non des *paraamphibolites* comme l'avait avancé Hammer et Milovanović.

La démonstration en est particulièrement évidente sur l'amphibolite de Kadina Glava qui a la même composition chimique que l'allivalite de Panja Glava. D'ailleurs dans l'ensemble elles sont fort analogues aux gabbros mélanocrates étudiés précédemment ([1]). Les paramètres magmatiques montrent que ce sont des roches mésocrates avec un déficit de silice (d'où l'apparition de la népheline calculée). La teneur en potasse est toujours très faible (indice de parenté avec les gabbros). Le plagioclase calculé oscille entre le labrador et l'anorthite. Enfin la proportion de pyroxène augmente quand celle des coupholites diminue. On voit donc que ces roches forment, au point de vue magmatique, un groupe homogène appartenant au même type de composition chimique.

GÉOLOGIE. — *La Tectonique du Massif d'Allauch, près Marseille.* Note de M. **Georges Denizot**, présentée par M. Charles Jacob.

Vers Allauch, les déformations orogéniques intenses se répartissent autour d'une aire centrale tabulaire : cette ceinture est très hétérogène et ne peut appartenir ni à des recouvrements uniformes (M. Bertrand, E. Haug), ni à un pli sinueux continu (E. Fournier) ([2]).

1. Le bord nord-ouest est un faisceau de failles avec simples injections de Trias. A Pichauris, le flanc avant de l'Étoile avec sa série renversée est tranché net, et le flanc arrière se résout en brèche tectonique contre la muraille limitant l'aire centrale.

2. Le bord oriental montre une saillie diapire autour d'un Trias vertical. Au delà, le Jurassique supérieur, directement superposé au Trias de Roquevaire, et l'Urgonien surmontant ce Jurassique sont en refoulements horizontaux et leurs fronts atteignent Peypin en prenant contact avec l'extrémité de l'Étoile : mais les séries de part et d'autre, l'une normale, l'autre renversée, ne sauraient se confondre.

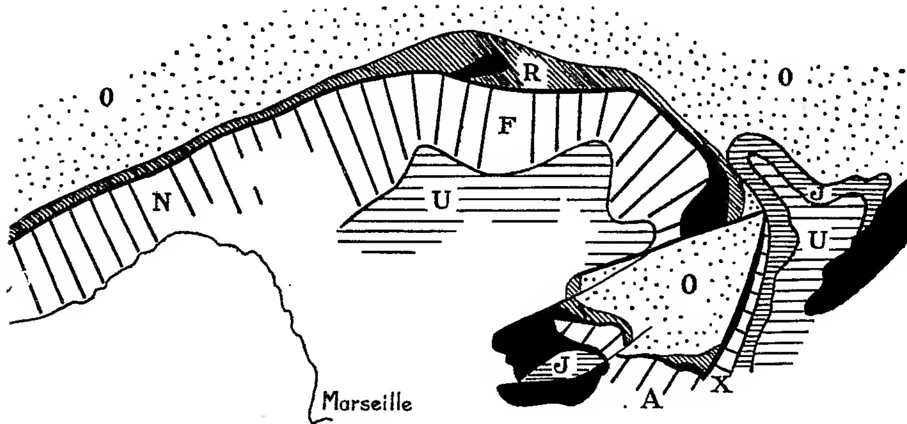
3. Au bord méridional, le Pli d'Allauch est un simple pli-couché. Il est affecté d'accidents transversaux, décroché en son milieu par la faille de Passetemps. Devant ce pli, l'aire centrale présente des accidents marginaux : redoublement des bancs hauteriviens dans la colline du Saint-Esprit (ancienne cote 373), pris à tort pour renversés; écrasement d'un synclinal aptien à l'Est et repli anticlinal de Garlaban, dont la racine est conservée en avant de cet Aptien.

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1949.

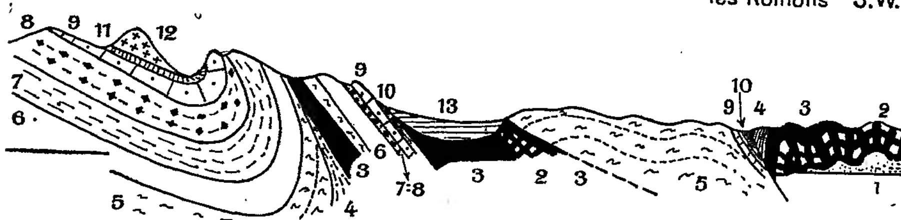
([2]) G. Denizot, *Monographies géologiques des environs de Marseille*, 1934. L'attribution, admise dans cet ouvrage (p. 56), à une fenêtre, au Sud-Ouest de la Bastidonne, d'un lambeau de Jurassique supérieur, est à remplacer désormais par un effondrement localisé.

4. Au sud de la vallée de l'Huveaune, le revers de Carpiagne tombe, symétriquement au flanc arrière d'Allauch, en synclinal dont l'axe est rempli d'Oligocène, lui-aussi plissé. Mais à l'Ouest, ces deux versants s'écartent et sont séparés par le massif triasique de Saint-Julien, le flanc arrière d'Allauch étant réduit.

Dans ce Trias paraît inclus du Jurassique supérieur avec copeaux d'Urgo-Aptien. Si



N, F, A, flancs arrière de la Nerthe, de l'Étoile et d'Allauch; R, flancs avant à tendance renversée Trias en noir; O, bassin de l'Arc et Aire centrale d'Allauch; J, lame suprajurassique; U, lam urgonienne; X, pli oriental.



Coupe au bord méridional d'Allauch : 1, Grès bigarré; 2, Muschelkalk; 3, Keuper; 4, Infraliase 5, Dolomies; 6, Calcaire blanc; 7, 8, Néocomien; 9, Urgonien; 10, Aptien; 11, 12, Crétacé supérieur; 13, Oligocène. Échelle : 1/30000e.

ce lambeau se laisse chevaucher au Sud par le Trias, et a pu être considéré comme en fenêtre, au contraire au Nord (Bellevue) il repose franchement sur lui.

Le Pli d'Allauch apparaît donc comme un relai du Pli de l'Étoile, décroché suivant la bordure nord-occidentale et lui-même subdivisé par le décrochement de Passetemps. Cette disposition correspond : 1° à la surrection de l'aire centrale, se comportant comme un obstacle devant les refoulements et paraissant bien avoir joué ce rôle; 2° à la saillie, dans le synclinal de

l'Huveaune, d'un Trias de fond qui, disloquant le flanc arrière d'Allauch, en a enrobé des fragments.

Toutes ces dispositions révèlent la double allure des dispositions tectoniques autour de Marseille. Les efforts tangentiels ont créé des refoulements et des recouvrements vers le Bassin de l'Arc et l'aire centrale d'Allauch, définissant l'avant de nos chaînes; à l'arrière, les massifs au delà de la ligne de l'Huveaune (y compris la Garde) se comportent comme un môle rigide. Il s'y ajoute des efforts de fond, mettant en mouvement les masses triasiques suivant la verticale.

Les accidents à l'Est du Massif sont de même nature, mais mieux en rapport avec les mouvements de la Sainte-Baume.

GÉOLOGIE. — *L'enracinement du Chaînon jurassique de Roqueforcade-Nans, au Nord-Ouest de la Sainte-Baume.* Note de M. **Georges Corroy**, présentée par M. Charles Jacob.

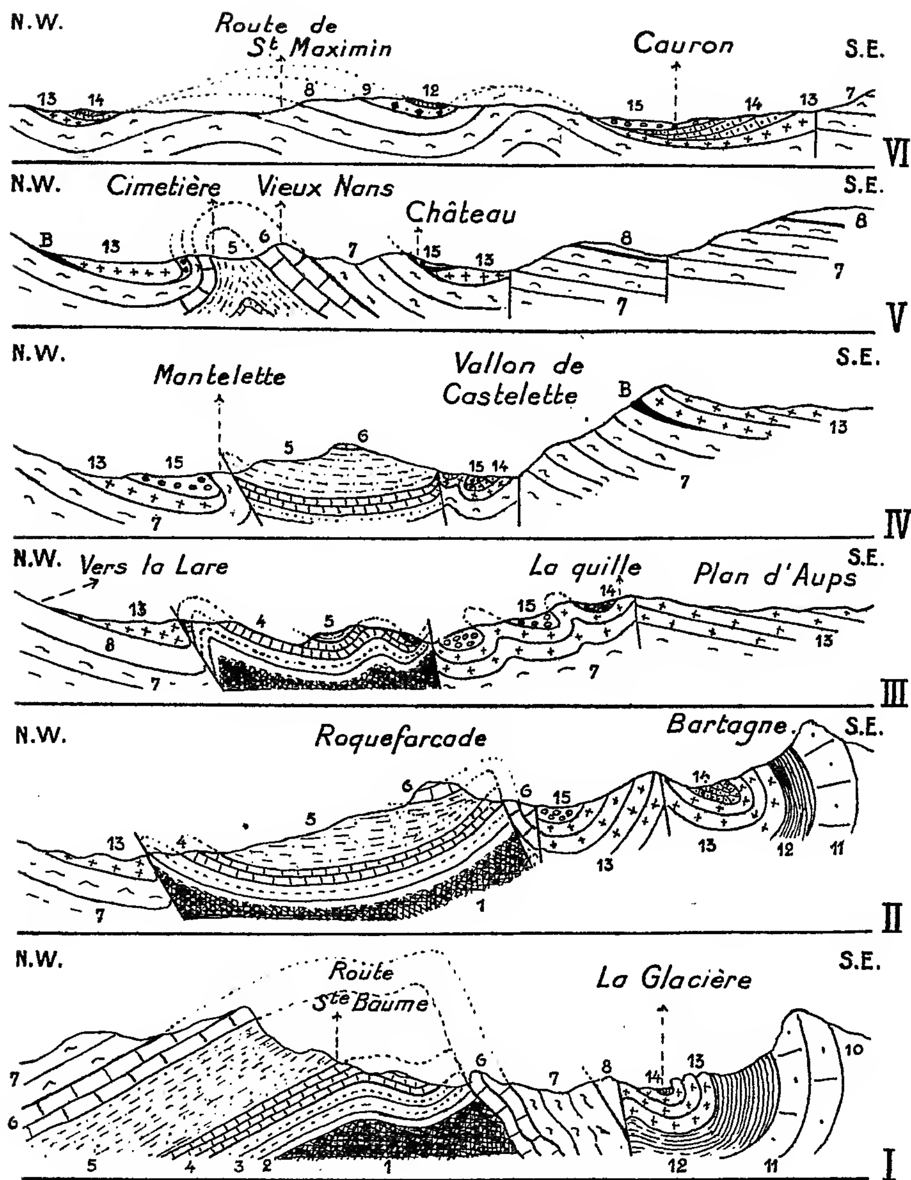
Au Nord-Ouest du pli de la Sainte-Baume, couché sur le bassin crétacé du Plan d'Aups, il existe un chaînon jurassique, celui de Roqueforcade-Nans, dont la position tectonique a été maintes fois discutée ([1]). Pour les uns (H. Coquand, E. Fournier) il est enraciné; pour les autres (M. Bertrand, E. Haug et J. Repelin) c'est un lambeau de recouvrement venu du Sud et charrié par-dessus l'arête urgonienne de la Sainte-Baume.

Des observations récentes et un lever au 1/20000e de la région apportent des faits nouveaux et montrent que la première hypothèse est seule vraisemblable. Toutefois, on doit éliminer la conception des failles de tassement (Coquand), et celle des plis sinueux (Fournier), car le chaînon apparaît comme un simple anticlinal jurassique, dont le flanc sud-est est enraciné sous le socle de la Sainte Baume, et le flanc nord-ouest, déversé sur le massif autochtone de la Lare. Des flexures, des étirements, des accidents de détail, dus en partie au Trias, en partie à la plasticité des horizons fluviolacustres et à la rigidité des calcaires marins, rompent souvent l'harmonie de ce pli et donnent l'illusion d'un recouvrement.

Une série de coupes illustrera cet exposé succint :

Dans le ravin de Saint-Pons, à l'ouest de la Glacière (coupe I), l'anticlinal d'allure jurassienne montre un flanc nord-ouest, complet du Trias

([1]) Repelin, *Annales Faculté des Sciences de Marseille*, 25, I, 1922, p. 1-84.



Coupes en série à travers le Chaînon de Roqueforcade-Nans.

1, Keuper; 2, Rhétien; 3, Hettangien; 4, Lias; 5, Bajocien-Rauracien; 6, Séquanien; 7, Kimé-ridgien; 8, Portlandien; 9, Valanginien; 10, Hauterivien; 11, Urgonien; 12, Aptien; 13, Sénonien à Hippurites; 14, Valdonnien-Fuvélien; 15, Bégudien; B, Bauxite. Échelle : 1/30 000e.

au Jurassique supérieur, et un flanc sud-est, réduit au Séquanien-Portlandien, enraciné sous le synclinal crétacé de la Glacière. Un pli-faille est ainsi visible sur des centaines de mètres en direction du Col de Bartagne.

Au nord de ce dernier (coupe II), le flanc nord-ouest se relève et chevauche le Crétacé enveloppant le dôme jurassique de la Lare; le flanc sud-est, de plus en plus réduit (Séquanien), disparaît sous la transgression bégudienne, tandis que s'amorce un anticlinal aigu de Sénonien marin séparant le chaînon de Roqueforcade de la crête de la Sainte-Baume.

Cet anticlinal s'élargit vers le Plan d'Aups (coupe III) et se complique au Nord de petits synclinaux secondaires. Le contact entre le Sénonien et le Lias du chaînon se fait à la verticale : ce dernier prend alors une allure synclinale trompeuse *a priori* quant à son interprétation tectonique (coupe IV).

Comme tous les auteurs l'ont remarqué, une faille de 200^m de rejet et à regard nord abaisse le bassin crétacé du Cauron par rapport au socle de de la Sainte-Baume. Au Vieux Nans (coupe V), l'axe de Roqueforcade a repris son allure franche d'anticlinal complet, déversé sur la Lare. Aux affleurements, l'axe est constitué par le Bathonien.

Enfin (coupe VI), *les collines nord de Nans soulignent l'ennoyage de l'accident,* avec apparition d'un synclinal secondaire de Valanginien zoogène et de Gargasien. Le bassin crétacé du Cauron se développe largement; et vers l'extrémité du chaînon, le Trias de Rougier envoie une digitation qui perce la voûte jurassique jusqu'au contact des dolomies kiméridgiennes, recouvertes d'une pellicule de Crétacé fluvio-lacustre.

GÉOLOGIE. — *L'enracinement du chaînon de Roussargue-Liquette, à l'Ouest de la Sainte-Baume.* Note de M. **Georges Clauzade**, présentée par M. Charles Jacob.

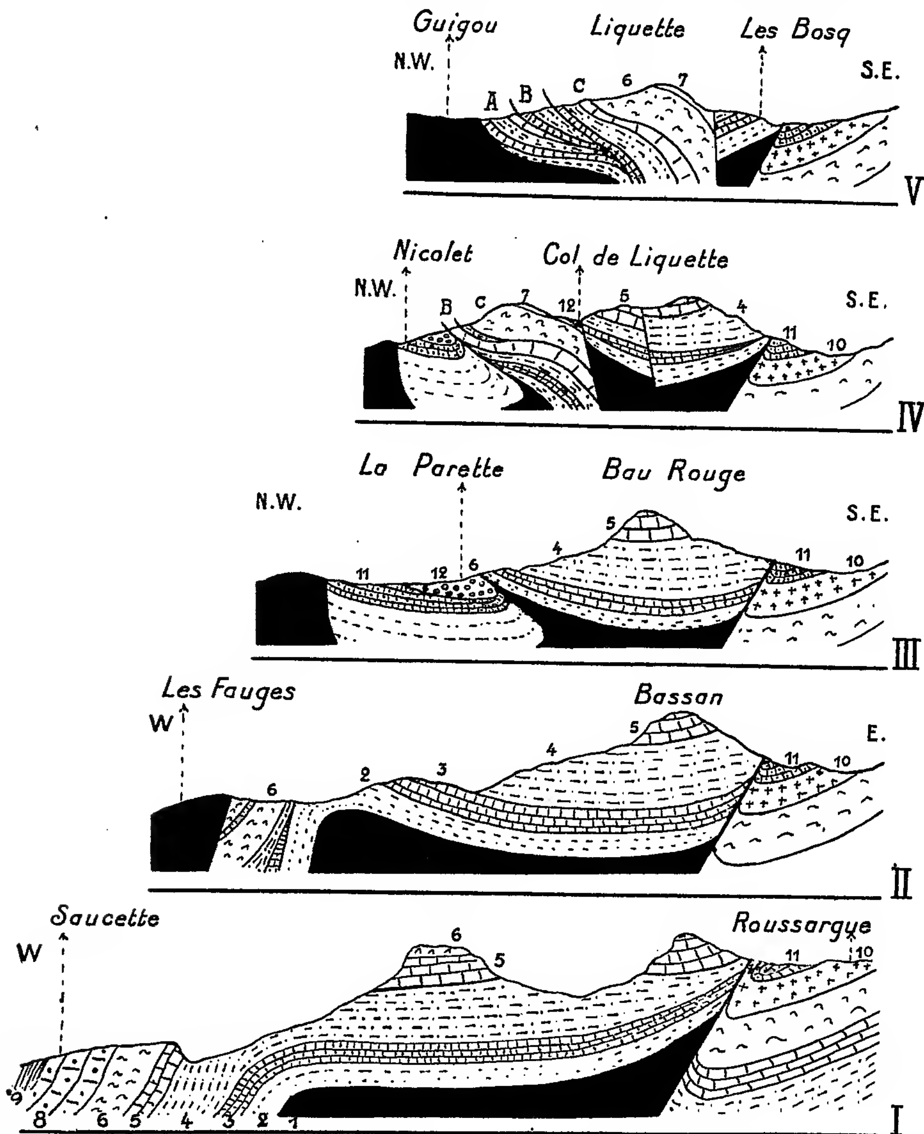
Le chaînon de Roussargue-Liquette qui prolonge en direction Sud-Nord le plateau de Roqueforcade (ouest de la Sainte-Baume) a été considéré tectoniquement comme enraciné (H. Coquand, E. Fournier), ou comme charrié du Sud vers le Nord par-dessus le pli couché de la Sainte-Baume (M. Bertrand, E. Haug, J. Repelin) [1].

Or, pour se convaincre déjà de son ennoyage vers le Sud, un observateur placé sur le chapeau de Garlaban voit tous les horizons de ce massif,

---

(1) Repelin, *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille,* 25, I, 1922, p. 1-84.

depuis le Bathonien jusqu'à l'Aptien, plonger sous la plaine oligocène de Gemenos avec un pendage moyen de 45°. D'autre part, cette terminaison



Coupes en série à travers le chaînon de Roussargue-Liquette.
1, Trias; 2, Infra-Lias; 3, Lias; 4, Bajocien-Rauracien; 5, Séquanien; 6, Kiméridgien; 7, Portlandien; 8, Néocomien-Urgonien; 9, Aptien; 10, Sénonien à Hippurites; 11, Valdonnien-Fuvélien; 12, Bégudien; A, B, C, Écailles de Liquette. Échelle : 1/30000°.

périclinale est évidente, lorsqu'on gravit les pentes de la Piguière au Sud-Ouest du chaînon.

Ce rapide exposé indique que pour nous la zone Roussargue-Liquette est enracinée, mais non grâce à des failles de tassement, ni sous la forme de plis sinueux. Les coupes suivantes dressées en série rendent compte de la réalité.

Si le flanc ouest du pli s'ennoie nettement avec un pendage de 50° à Saucette sous l'Oligocène (I), le flanc est, poussé par le Trias, se relève fortement pour amener l'Hettangien et le Lias à chevaucher le synclinal crétacé de Roussargue. En particulier près de la ferme du même nom, le Crétacé supérieur fluvio-lacustre est pincé dans le Sénonien marin.

Vers Bassan (II) le flanc ouest est sectionné à la verticale par une ascension du Trias diapir, tandis que le flanc est, plus abaissé, fait affleurer les horizons du Bathonien-Lusitanien sur une assez grande puissance.

Le mouvement qui tend à renverser le flanc ouest sous le pli de Bassan lui-même s'accentue rapidement, et c'est ainsi qu'un synclinal crétacé occupe tout le vallon de la Parette (III). Des témoins jurassiques de ce renversement sont conservés çà et là entre le Crétacé et l'Infra-Lias de la charnière. Au Nord, le Trias, coiffé de lambaux de dolomies jurassiques lors de son ascension, a taillé comme à l'emporte-pièce la bordure nord-ouest de ce synclinal.

Le chaînon se termine par l'éperon de Liquette aux détails très complexes (IV et V). Ce petit massif s'accidente d'abord d'une faille d'affaissement; puis il naît, sur son bord nord-ouest, une série d'écailles jurassiques qui diminuent l'amplitude du synclical crétacé jusqu'à le faire disparaître au méridien de Guigou. A l'Est, le chevauchement à 40° sur le Crétacé de la Lare demeure constant et il est démontré en profondeur par des exploitations (aujourd'hui abandonnée) de lignites fuvéliens.

Il résulte de ces observations que le chaînon Roussargue-Liquette est un anticlinal ennoyé périclinalement au Sud, déversé à l'Est sur le dôme de la Lare, couché à l'Ouest sur le synclinal de Parette. A son extrémité nord, une série d'écailles, correspondant à des copeaux arrachés à la couverture jurrassique, ont été refoulés vers le haut.

GÉOLOGIE. — *Présence du Lias au Djebel Nador (Département d'Oran).* Note de M. **Paul Deleau**, présentée par M. Charles Jacob.

Le Djebel Nador est un chaînon situé à la bordure septentrionale de l'Atlas saharien, à 40^{km} au Sud-Est de Tiaret. On franchit son extrémité orientale par la route de Tiaret-Trézel à Aflou.

La description géologique en a été donnée en 1890 par J. Welsch ([1]) qui, par comparaison avec des assises fossilifères, de faciès analogue, de la région de Tiaret (cascade de la Mina), avait cru y reconnaître une série allant du Callovien au Rauracien. J. Welsch se basait aussi sur les études antérieures de Ville, de Le Mesle et de A. Péron sur l'extrémité orientale du Dj. Nador (Dj. Goudjila) et des montagues de Chellala, qui les prolongent vers l'Est. Au Dj. Goudjila, comme dans les montagnes du Chellala, ces auteurs ne signalaient que du Jurassique supérieur (Corallien) ([2]).

Je viens de découvrir une riche faune du Domérien et du Toarcien dans la partie moyenne des assises attribuées au Jurassique. Une coupe SE-NO, perpendiculaire à la vallée du Faïdja, donne la succession suivante :

Grès et sables roux albiens (pendage S-E 10°, puissance 60m).

Alternance de calcaires dolomitisés et de marnes blanches avec intercalations de calcaires blancs dans la partie moyenne et de grès quartziteux à la base (pendage S-E 15°, puissance 230m environ). Cette série pourrait représenter l'Aptien).

Marnes grises de la vallée du Faïdja (puissance 250m environ).

Grès quartzeux en gros bancs, bien lités (pendage S-E 40°, puissance 60m).

Quelques bancs de calcaires gris bleu avec intercalations de poudingues à éléments calcaires (puissance 10m).

Calcaires marneux à grain fin, sublithographiques, bien réglés, contenant des silex en nodules ou en lits discontinus (pendage S-E 40 à 45°, puissance 450m environ).

La partie moyenne de cette puissante assise présente des lits plus marneux fossilifères. Le plus élevé est constitué par des marnes et des calcaires rougeâtres (4m), où j'ai recueilli : *Lytoceras jurense* d'Orb., *L. Germainii* d'Orb., *Polyplectus discoides* Zieten, *P. subplanatus* Oppel, *Denkmania rudis* Simpson, *Mercaticeras* aff. *Mercati* Hauer, *Hildoceras bifrons* Brug., *H. sublevisoni* Fuc. var. *raricostata* Mitzopoulos, *H.* cf. *undicosta* Merla, *H.* cf. *semipolitum* Buck, *Cœloceras* aff. *crassum* Phil. *Posidonomya Bronnii* Voltz. C'est une faune typique du Toarcien.

Vingt mètres plus bas, des marnes blanches renferment une faune domérienne avec *Lytoceras* aff. *tauromenense* Gemm., *Protogrammoceras* sp., *Pecten* (*Chlamys*) *Zigoplocus* Di Blas.

Dans le quart inférieur des calcaires marneux, se rencontre une riche faune dont les échantillons sont très voisins des figures de Fucini pour les formes domériennes de Taormina (Sicile) : *Canavaria* sp.. *Meneghinia* sp., *Arieticeras* aff. *expulsum* Fuc., *Seguentia* aff. *Ugdulenai* Gemm., etc.

([1]) *Les terrains secondaires des environs de Tiaret et de Frenda* (Oran) (*Thèse*, Paris, 1890, p. 30 à 37 et 65); *Sur les terrains jurassiques des environs de Tiaret, Frenda et Saïda* (*Bull. Soc. géol., Fr.*, 3e série, 18, 1889, p. 428-440).

([2]) A. Péron, *Essai d'une description géologique de l'Algérie*. Paris, 1883, p. 30-34.

Dolomies grises, massives, formées de débris de polypiers, contenant des bancs de calcaires oolithiques dolomitisés (pendage S. E., 30 à 45°; puissance, 500 à 600^{m}).

La partie inférieure et moyenne des dolomies peut passer latéralement à des marnes schisteuses verdâtres contenant des plaquettes de calcaires jaunes et de petits lits de psammites, la dolomie ne constituant plus dans ce cas qu'une couverture.

Schistes rouges et marnes bariolées avec gypse, sel gemme et cargneules représentant le Trias supérieur, visibles aussi bien sous la masse dolomitique que sous les marnes verdâtres.

Dolomies grises, massives, ou marnes verdâtres.

Calcaires marneux sublithographiques à silex, redressés à la verticale.

Grès quartzeux verticaux.

Vient ensuite une zone faillée, au delà de laquelle apparaît un bombement de dolomies liasiques dont le flanc Nord-Ouest est recouvert par les calcaires sublithographiques, ici légèrement dolomitisés et supportant eux-mêmes les calcaires blancs crayeux du Sénonien transgressif (1).

L'axe du système montagneux est ainsi constitué par un anticlinal faillé déversé au Nord-Ouest.

L'attribution au Lias des couches prétendues jurassiques du Dj. Nador modifie les idées paléogéographiques admises précédemment pour cette région, notamment d'après les ouvrages cités de J. Welsch et A. Péron. E. Haug les résumait ainsi : « les formations coralligènes du Mésojurassique peuvent se suivre depuis Chellala à l'Est jusqu'à Saïda à l'Ouest. Lorsque leur substratum est visible, il est constitué par le Trias (2) ».

La question reste de déterminer l'âge des sédiments compris entre les grès albiens et le Toarcien; peut-être se résoudra-t-elle vers le Nord-Est, à l'extrémité occidentale des montagnes de Chellala où Péron a signalé du Corallien fossilifère que nous avons encore à étudier.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure du Haouz de Marrakech.*
Note de M. **Jean Dresch**, présentée par M. Charles Jacob.

Si l'on reporte sur la carte les formations décrites dans une Note précédente (3) et si l'on suit les accidents qui les font affleurer, trois zones apparaissent distinctement dans le Haouz de Marrakech.

I. *Le Haouz occidental* est difficile à séparer de l'Atlas proprement dit. Comme l'Atlas, il est coupé par des flexures, très adoucies il est vrai, qui

(1) J. Welsch, *Thèse*, p. 182.
(2) E. Haug, *Traité de Géologie*, 2, 1911, p. 1069.
(3) J. Dresch, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1957.

le divisent en plateaux ou cuvettes étagées : *cuvette d'Amizmiz*, isolée par une longue flexure le long du massif de Guemassa depuis l'assif el Mell jusqu'au delà du Nfis, aux abords de Marrakech; elle se divise elle-même en deux, à l'Est du Nfis (cuvettes des Sektana et de Tamesloht qui s'enfoncent vers l'Est), *cuvette des Ouled bou Sbaa et des Mejjat*, limitée au Nord par le pli des Koudiat Moukhdene et une flexure très douce, qui fait réapparaître dans les fonds de vallées un pointement primaire et l'Oligo-miocéne gréseux et vient se fondre avec la première à l'Ouest du Nfis, *basse plaine du Tensift* où l'Oligo-miocène et le Pliocène discordant (?) reparaissent au nord de Chichaoua, ondulés dans une cuvette jurassico-crétacée. Ces accidents sont très récents, postérieurs au Pliocène, presque toujours concordant sur l'Oligo-miocène; la cuvette d'Amizmiz s'est même accusée postérieurement au dépôt des plus hautes terrasses alluvialles du Nfis : une terrasse supérieure à la terrasse 90 est déformée avec l'Oligo-miocène; la terrasse 90 est basculée localement vers l'amont rive droite, dans la région du Pont du Nfis; et la terrasse 60 elle-même est brusquement relevée au contact du Primaire en aval du pont, aux environs de Sidi Mohammed ben Salem, comme si le massif ancien était encore monté tout récemment. Quant à la basse plaine du Tensift, elle constituait tout récemment encore une zone d'épandage pour l'assif el Mell et le Nfis bien que la couche alluviale n'y soit pas très épaisse, moins de 200^m, Pliocène et Oligo-miocène compris, d'après un sondage exécuté à Targa, à l'Ouest de Marrakech. Ces oueds, et le Tensift lui-même, s'enfoncent de quelques mètres seulement dans les limons qui forment la surface de la plaine alors que le Tensift en aval de Sidi Chiker s'enfonce dans une vallée profonde où les terrasses s'étagent jusqu'à 250^m au-dessus de l'oued.

2. *Le Haouz central* entre Marrakech et le méridien d'El Kelaa est une cuvette, correspondant à la partie la plus haute de la chaîne, et entièrement occupée par un remblayage de piémont récent, très épais. Les oueds n'y ont creusé de terrasses basses que dans les cônes aplatis de la bordure de la montagne; le Zat même n'en creuse aucune, et les terrasses du Reraia et de l'Ourika s'enfoncent peu à peu sous la zone d'épandage d'aval. Le remblaiement se poursuit encore actuellement, cailloutis en amont, limon vers l'aval. Cette cuvette paraît donc très récente.

3. *Le Haouz oriental* (1) est constitué essentiellement par des conglomé-

(1) La Carte géologique du Haouz oriental est préparée par Ed. Roch qui a bien voulu m'autoriser à publier ici le résultat de courses communes.

rats pliocènes visibles tout le long de la Tessaout; ils s'appuient vers l'Est, vers l'oued Lakhdar et les Djebilet, sur les marnes ou grès oligo-miocènes et paraissent ondulés en cuvettes (rive droite de la Tessaou). Cette plateforme pliocène est isolée d'une cuvette oligo-miocène creusée au pied de Demnat par un pli plus ou moins complexe, qui coupe en diagonale le Haouz oriental depuis la rive droite de la Tessaout (Tidili) jusqu'à l'oued Lakhdar où apparaissent sur le Lias, plissés et discordants l'un sur l'autre, Pliocène et Oligo-miocène. La Tessaout s'est fort peu enfoncée dans la plateforme pliocène recouverte par une mince couche de limons, témoin d'une zone d'épandage récente sillonnée par les bras multiples, morts actuellement, du Rdat, de la Tessaout et du Lakhdar.

Le Haouz apparaît ainsi comme une dépression qui s'est creusée et accusée tout récemment. Peut-être est-elle postérieure à l'Eocène, puisque l'Oligo-miocène repose directement sur les affleurements paléozoïques du Haouz occidental, à partir des Koudiat Moukhdene vers l'Est, et directement sur le Lias au pli du Lakhdar. Du moins a-t-elle constitué une zone d'épandage sans cesse plus déprimée au pied de la montagne. Les alluvions oligo-miocènes et pliocènes s'y sont accumulées en bassin fermé. Elles ne débordent au delà des Djebilet qu'à partir d'El Kelaa. C'est en effet de ce côté que semble s'être établi le premier drainage de la plaine, contrairement à l'opinion généralement répandue qui veut que la Tessaout soit le résultat d'une capture récente. Ce n'est qu'au cours du Pliocène sans doute que s'est établi le drainage vers l'Ouest. Mais toujours plus ou moins la plaine, encore remblayée de nos jours, surtout au centre, a conservé les caractères des plaines de piémont steppiques.

SÉISMOLOGIE. — *Remarques au sujet du premier mouvement du sol lors des tremblements de terre intéressant quelques régions européennes.* Note de MM. **J. Lacoste** et **C. Bois**, présentée par M. Charles Maurain.

On sait que les séismographes permettent souvent d'observer, lors des tremblements de terre, si le premier mouvement du sol est une onde de compression ou une onde de dilatation : dans le premier cas, *il y a un effondrement au foyer*, dans le deuxième, exhaussement. Or, si les observations relatives à une région déterminée font apparaître une prédominance des compressions, c'est que les surfaces hypofocales dans ces régions tendent à s'abaisser; si, au contraire, les dilatations sont en majorité, ces

mêmes surfaces tendent à se soulever. Un nombre à peu près équivalent de compressions et de dilatations montre qu'il y a une sorte de balancement autour d'une position moyenne. Des recherches dans cette voie semblent donc de nature à apporter une contribution utile à la géologie : elles peuvent indiquer si certains mouvements anciens se poursuivent, et si des mouvements nouveaux prennent naissance.

Il nous a paru intéressant d'étudier à ce point de vue les séismes qui se sont produits depuis le 1er juin 1923 jusqu'au 1er juin 1935, dans les régions suivantes : vallée du Rhin, Forêt-Noire, Suisse, Italie, Autriche et Yougoslavie.

1° *Plaine d'Alsace :* 5 compressions, 1 dilatation; il y a *tendance nette à l'effondrement.*

2° *Région Rastatt* (bordure de la Forêt-Noire) : 3 compressions et 3 dilatations; mouvement de balancement.

3° *Région du Kaiserstuhl :* 1 compression, 1 dilatation; mouvement de balancement.

4° *Forêt-Noire, à l'Est de Fribourg-en-Brisgau :* 3 compressions; tendance à l'effondrement.

5° *Région Ebingen* (Jura Souabe) : 6 dilatations, 1 compression; tendance nette à l'exhaussement.

6° *Jura Français :* 3 compressions, 1 dilatation; tendance à l'effondrement.

7° *Valais* (Haute vallée du Rhône) : 2 compressions, 1 dilatation; exhaussement probable.

8° *Sud-Ouest du Tyrol :* 3 dilatations, 1 compression; tendance à l'exhaussement.

9° *Vénétie* (région d'Udine) : 4 compressions, 1 dilatation; tendance à l'effondrement.

10° *Région Modène et Bologne :* 11 dilatations et 2 compressions; *tendance particulièrement nette à l'exhaussement.*

11° *Côte Est de l'Adriatique* (Ancône) : 2 compressions, 1 dilatation; effondrement probable.

12° *Côte Ouest de l'Adriatique* (Croatie) : 4 dilatations; *tendance à l'exhaussement.*

13° *Côte de Dalmatie :* 2 dilatations; tendance à l'exhaussement.

14° *Alpes dinariques :* 2 compressions; tendance à l'effondrement.

15° *Alpes orientales :* 4 compressions, 2 dilatations; mouvement de balancement.

On ne saurait évidemment affirmer qu'à la surface du sol il se soit produit des dénivellements en relation directe avec les mouvements observés par la méthode que nous venons d'utiliser; seules des mesures géodésiques de haute précision pourraient permettre d'élucider la question. Il paraît cependant probable qu'un exhaussement ou un abaissement à l'intérieur du globe doit avoir une certaine répercussion à la surface.

S'il en est ainsi on observerait en Alsace une survivance du mouvement

ancien d'effondrement qui a donné naissance à la vallée du Rhin, tandis qu'il y aurait tendance à l'exhaussement dans le Jura Souabe, un mouvement de balancement sur la bordure ouest de la Forêt-Noire.

Il semble de même que la surrection des Apennins (dans la région de Bologne) se poursuive encore de nos jours, alors que dans la région d'Udine et sur la côte italienne de l'Adriatique, il y a tendance à l'effondrement.

Ces recherches devront être poursuivies, afin de savoir s'il y a lieu de maintenir ces conclusions, qui sont évidemment provisoires.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la présence de la vapeur d'eau et de l'anhydride carbonique dans l'air de la stratosphère.* Note de MM. **Adolphe Lepape** et **Georges Colange**, présentée par M. Charles Fabry.

Sur les échantillons d'air de la stratosphère qui ont fait l'objet d'une Note précédente ([1]), nous avons, dans 8 cas sur 12 (les huit derniers de notre tableau, page 1872), effectué la recherche de la vapeur d'eau et le dosage de l'anhydride carbonique.

1. L'eau n'a pas été déterminée avec rigueur, mais la quantité trouvée dans les échantillons correspond à des pressions de 0,1 à $0^{mm},4$ de mercure dans l'air de la stratosphère.

Ces chiffres, qui représentent quelques dizaines de fois la tension de vapeur saturante à la température de la stratosphère (de l'ordre de -50°), sont probablement inférieurs à la réalité, puisqu'en faisant le vide avant l'ascension on chauffait les ampoules de prélèvement et qu'on ne les chauffait pas pour en retirer les gaz ([2]).

2. L'anhydride carbonique a été séparé de l'air analysé en faisant passer celui-ci dans un serpentin refroidi dans l'oxygène liquide. On mesurait ensuite le volume du gaz libéré par réchauffement, et l'on vérifiait que ce gaz était totalement absorbable par la potasse caustique.

Voici les résultats trouvés :

([1]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1871.

([2]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1340.

Date du prélèvement.	Altitude (en km).	Titre de l'air en CO^2 (pour 100 en volumes).
21-4-1928	16,2	0,13
22-5-1928	9,6	0,04
»	9,0	0,05
17-8-1928	12,8	0,05
»	10,0	0,06
26-11-1929	14,9	0,03
»	11,2	0,06
18-8-1934 (Cosyns) (1)	15,0	0,08
Moyenne	–	0,06

La teneur moyenne en CO^2 de l'air pris au sol est 0,03 pour 100. Nos chiffres sont nettement supérieurs. Nous devons donc admettre, soit l'apport de CO^2 dans l'atmosphère supérieure, soit l'existence d'une cause de production de CO^2 à haute altitude, telle que l'oxydation de poussières ou de gaz carbonés sous l'influence de l'élévation de température par rayonnement (poussières), des rayons ultraviolets, de l'oxygène atomique, de l'ozone, etc.

La présence, dans la stratosphère, de poussières terrestres, dont le nombre décroît rapidement lorsqu'on s'élève est peu probable, mais leur origine peut être extraterrestre (poussières cosmiques, météorites, étoiles filantes). Nous pensons plutôt que l'augmentation de la teneur en CO^2 serait due à un apport extérieur de molécules de gaz carbonés, étant donné leur abondance dans le Soleil, dans les queues de comètes et dans l'atmosphère des planètes (2), (Vénus, CO^2; grosses planètes, CH^4).

3. Ces quantités inattendues de CO^2 et de H^2O peuvent contribuer à fournir une explication de l'isothermie de la stratosphère et du relèvement de la température supposé dans les hautes couches.

4. Il y a plusieurs années (3), nous avions déjà insisté sur les relations qui existent entre les hautes et les basses couches atmosphériques. Nous avions dit, notamment, à ce sujet : « il semble que l'ozone doit exister en proportion appréciable dans les couches inférieures de la stratosphère », ce qui vient d'être pleinement établi par les expériences de Götz, Meetham et Dobson (4) et par celles de E. et V. H. Regener (5).

(1) Voir notre Note précédente (*loc. cit.*).
(2) *Nature*, 135, 1935, p. 219.
(3) *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 53.
(4) *Proc. Roy. Soc.*, 145, 1934, p. 416, et 148, 1935, p. 598.
(5) *Phys. Zeit.*, 35, 1934, p. 788.

Les présentes recherches confirment cette interdépendance des hautes et des basses couches. Au sol, trois gaz sont en proportions variables avec les conditions météorologiques : l'ozone [mesures de l'Observatoire de Montsouris (1) et expériences personnelles encore inédites]; le gaz carbonique [Observatoire de Montsouris et Benedict (2)]; la vapeur d'eau. Les trois mêmes gaz se retrouvent dans la stratosphère en proportions inattendues et, en outre, variables : ozone (Fabry et Buisson) (3), gaz carbonique plus abondant et eau très largement sursaturante (présentes recherches).

PALÉONTOLOGIE. — *Observations sur quelques Poissons fossiles de l'ordre des Halécostomes et sur l'origine des Clupéidés.* Note de M. **Camille Arambourg**, présentée par M. Charles Jacob.

Les Clupéidés sont, parmi les Téléostéens, ceux dont l'organisation présente le plus de rapports avec celle des Ganoïdes Halécostomes fossiles. Toutefois, entre les représentants de ce dernier groupe et les premiers, il existe un certain nombre de différences ostéologiques importantes qui permettent de les distinguer facilement. Ces différences portent sur la constitution crânienne, plus spécialisée chez les Clupéidés, où la réduction des pariétaux atteint son maximum, sur l'ossification générale du squelette, complète chez ces derniers, tandis qu'elle présente chez les Halécostomes une persistance constante de la chorde dorsale; sur la terminaison stégoure chez ceux-ci de la colonne vertébrale et la persistance, sur leurs écailles, d'un revêtement plus ou moins épais d'émail. D'ailleurs il s'en faut de beaucoup que tous les Halécostomes présentent au même degré cet ensemble de caractères; certains, comme les Pholidophoridés, rejoignent les autres Ganoïdes Holostéens ou même Chondrostéens, tandis que les Leptolépidés sont plus proches des Téléostéens.

L'étude récente de Poissons provenant du Crétacé de la côte occidentale d'Afrique me permettent de combler le vide apparent qui sépare les Leptolépidés des Clupéidés et de montrer le polyphylétisme et la différenciation précoce de ces derniers.

(1) *Annuaire de l'Observatoire de Montsouris*, 1875 à 1900; *Annales de l'Observatoire municipal*, 1900 à 1908.

(2) Benedict, *The composition of the atmosphere*, Carnegie Institution, 1912.

(3) *Journal de Physique*, 5e série, 3, 1913, p. 196 et 6e série, 2, 1921, p. 197.

Parmi les fossiles observés, une première forme constitue un type nouveau qui présente des caractères très nets de Téléostéen par l'ossification totale de sa colonne vertébrale, par sa voûte cranienne dermique aux pariétaux réduits et séparés, par ses écailles sans émail; il se rapproche en outre, de la manière la plus étroite, du genre *Chanos* actuel; mais la terminaison de sa colonne vertébrale est nettement stégoure et reproduit celle des Leptolépidés jurassiques. Nous avons désigné cette forme, dans un autre travail à l'impression en collaboration avec M. D. Schneegans, sous le nom générique de *Parachanos*.

D'autre part, dans les formations du Crétacé inférieur ou moyen du Brésil, D. S. Jordan a décrit en 1910, sous le nom de *Dastilbe Crandalli*, un Poisson qu'il rattachait à la famille des Clupéidés. L'examen direct des types nous a montré :

1° que le squelette axial de *Dastilbe* était constitué d'éléments perforés par la notochorde persistante et que sa terminaison était typiquement ségoure;

2° que, par tous ses autres caractères, jusqu'au revêtement écailleux typique, ce Poisson se rattachait au genre *Chanos*. C'est donc une forme à caractères mixtes constituant avec *Parachanos* une série continue reliant les Chanoïnés actuels à des formes Halécostomes déjà différenciées dans le même sens.

L'étude du genre *Leptolepis*, dont une espèce accompagne nos *Parachanos* du Gabon, révèle des faits analogues. On sait que l'on groupe généralement dans ce genre toute une série d'espèces, échelonnées depuis le Lias supérieur jusqu'au Crétacé moyen. Les formes les plus anciennes, telles que *L. coryphænoides* Br., se distinguent par l'ossification peu avancée de leurs centres vertébraux, réduits à de minces anneaux en forme de sablier et à parois externes lisses; chez ceux du Jurassique, comme *L. sprattiformis* Ag., l'ossification a envahi une grande partie des centres, qui présentent cependant encore une large perforation notochordale, mais dont la paroi externe se charge d'épaississements secondaires en forme de carènes ou de quilles; mais, comme chez les premiers, la terminaison de la colonne est stégoure et les écailles sont légèrement émaillées.

A partir de la fin du Jurassique, une série de formes, dont *L. Brodiei* Ag. du Pürbeckien peut être pris comme prototype et à laquelle appartient le *Leptolepis* du Gabon, se distingue par la terminaison de leur colonne vertébrale encore partiellement stégoure quoique déjà fort voisine de celle des Clupes, par la réduction du nombre de leurs rayons branchiostèges, ainsi

que par la disparition de la mince couche d'émail des écailles; mais les vertèbres sont toujours perforées par la notochorde persistante, ce qui est à peu près le seul caractère net qui permette de distinguer ces Poissons des Clupéidés de la sous-famille actuelle des Dussumiériinés. Chez certains d'entre eux, comme *L. formosus* Traq. du Wealdien, on peut observer en outre la présence de dents recouvrant l'arc ptérygo-palatin, comme il s'en rencontre chez certains genres de cette sous-famille. Ces Poissons constituent donc, avec *Dastilbe* et *Parachanos*, un groupe de transition qui établit la continuité entre les formes ganoïdes primitives et les formes téléostéennes terminales d'un type d'organisation depuis longtemps orienté dans le sens des divers modes clupéiformes.

La famille des Clupéidés nous apparaît en somme comme l'aboutissement d'une série de rameaux très précocement différenciés et dont chacun évoluant orthogénétiquement a parcouru, indépendamment des autres, les stades ganoïde halécostome et téléostéen.

C'est la première fois peut-être que se trouve matériellement constatée avec autant de netteté la continuité du phénomène évolutif entre certains représentants de deux grands groupes zoologiques en apparence aussi distincts : Ganoïdes et Téléostéens.

ZOOLOGIE. — *Diapause larvaire et éclosion chez le Coléoptère* Timarcha tenebricosa *Fab.* Note M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

On peut recueillir, à toute époque de l'année, de nombreux œufs fécondés du Coléoptère Chrysomélide *Timarcha tenebricosa* Fab., en maintenant à une température supérieure à 20° des imagos abondamment nourris de pousses de *Galium*. Le développement embryonnaire commence immédiatement après la ponte et s'effectue en un mois ou deux, suivant la température. Mais, si les œufs sont conservés à une température constamment supérieure à 15°, l'éclosion n'a pas lieu, quel que soit le degré d'humidité auquel les œufs sont soumis : la larve, complètement achevée, reste inerte, à l'état de vie ralentie dans la coque de l'œuf et finit par se déssécher.

Cet état de *diapause*, qui peut durer plus de six mois, s'installe chez toutes les larves prêtes à éclore, quelles que soient les conditions dans lesquelles leur développement embryonnaire s'est effectué, et aussi bien dans les œufs de jeunes imagos provenant d'élevage que dans les œufs

capturés au printemps et ayant hiverné. L'entrée en diapause ne semble donc pas déterminée par l'influence d'agents externes, agissant, soit sur l'œuf en développement, soit sur les femelles avant la ponte.

Seule l'action d'un abaissement prolongé de la température peut faire cesser la diapause et déterminer l'éclosion régulière de la larve. Mais le réveil de l'activité physiologique de la larve est un phénomène complexe, susceptible de s'effectuer par degrés :

1° Si l'on extrait artificiellement de leur coque, à la température du laboratoire, des larves en diapause, ces larves, d'abord complètement inertes, manifestent, au bout de quelques heures, une certaine activité, dont le premier indice est un mouvement périodique de *déglutition* de l'air. Les larves, à demi-gonflées d'air, peuvent se mouvoir par intermittence, surtout si on les stimule mécaniquement, ou si on les soumet à une élévation de température, mais elles finissent toujours par mourir, au bout d'une dizaine de jours, sans avoir pris aucune nourriture. La tête et le prothorax, qui sont encore rouges chez les larves en diapause, ne noircissent que d'une façon irrégulière et très incomplète.

2° Lorsque des œufs contenant des larves en diapause ont été soumis à une température inférieure à 5°, pendant un temps encore insuffisant pour déterminer leur éclosion, l'ouverture artificielle de la coque provoque un réveil immédiat et complet chez un grand nombre de larves. Les mouvements de déglutition sont rapides et ininterrompus. Au bout de quelques heures, les larves, gonflées d'air et devenues mobiles, recherchent activement le coton humecté d'eau qui doit être mis à leur disposition. Pour des lots d'œufs ayant été conservés en atmosphère sèche, le poids de l'eau ainsi absorbée peut atteindre le poids primitif des larves au moment de leur extraction de la coque de l'œuf. Au bout d'un jour, les larves, dont la tête et le prothorax ont noirci complètement, sont en mesure de s'alimenter. Leur développement se poursuit alors d'une façon parfaitement normale, sans interruption jusqu'à l'imago. Dans les lots d'œufs ainsi traités, on trouve souvent, cependant, quelques individus dont le réveil est plus tardif.

3° J'ai pu provoquer l'éclosion des larves en diapause en les soumettant durant un mois à l'action de fortes gelées : tous les œufs ainsi traités éclosent, presque simultanément, quelques jours après leur retour à la température du laboratoire. L'éclosion est due au gonflement préalable de la larve par déglutition d'air et à l'entrée en jeu d'organes tégumentaires ayant la forme de petites épines, au nombre de trois paires, situées respectivement sur les deux derniers segments thoraciques et le premier segment

abdominal. J'ai pu observer en détail le fonctionnement de ces *organes d'éclosion*. Deux seulement, et non toujours les mêmes, sont utilisés pour fendre la coque de l'œuf. Les organes d'éclosion disparaissent lors de la première mue larvaire, qui se produit plusieurs jours après l'éclosion. Il y a deux mues larvaires avant la mue nymphale et la nymphose ne peut s'effectuer qu'en terre.

Ainsi l'état de diapause qui affecte, sans exception, toutes les larves prêtes à éclore de *Timarcha tenebricosa* ne cède complètement qu'à un abaissement de température suffisamment intense ou suffisamment prolongé. Dans la sensibilité aux agents stimulants, il existe, même entre les œufs d'une même ponte, des différences individuelles assez notables pour qu'il ne soit pas possible de préciser plus exactement les conditions thermiques indispensables à la réactivation des larves en diapause. L'ouverture artificielle de la coque et la stimulation mécanique peuvent renforcer une activation insuffisante, mais ne peuvent être substituées à l'action du froid.

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Sur la résistance de quelques homéothermes aux basses températures.* Note [1] de MM. **Jean Giaja** et **Stefan Gelineo**, présentée par M. Louis Lapicque.

Dans l'étude de la résistance des homéothermes au froid, on doit distinguer la résistance de durée illimitée et celle de courte durée, comparable à l'effort musculaire maximum qu'un organisme ne peut soutenir que pendant un temps très limité. De même qu'un tel effort musculaire est promptement suivi de fatigue, l'effort thermogénétique est limité par l'apparition de la *fatigue thermogénétique*. Dans ce qui suit, c'est l'effort thermogénétique de courte durée que nous avons mesuré, c'est-à-dire que nous avons cherché à fixer quelle est la température ambiante la plus basse à laquelle un homéotherme donné, à l'état de repos, peut faire face durant un certain temps, sans abandonner son homéothermie.

Nos expériences ont été menées comme il suit. Dans les doubles parois d'un caisson métallique, de dimensions intérieures de 80-40-47^{cm}, convenablement isolé à l'extérieur et contenant l'animal en expérience, on fait circuler de l'air liquide [2]. En en réglant le débit on obtient la température

---

(1) Séance du 3 juin 1935.

(2) Ces expériences ont été faites dans l'usine d'engrais azotés d'Aga-Ruše (Yougoslavie) où nous disposions d'air liquide en abondance.

voulue. Pour les besoins de la respiration, l'enceinte contenant l'animal est traversée par un courant continu d'air, servant également à maintenir une distribution homogène de la température de l'enceinte. L'intérieur du caisson est doublé de minces planchettes pour éviter le contact direct de l'animal avec les parois froides. Au cours de l'expérience, l'animal est sorti de temps à autre du caisson pour quelques instants, afin de prendre la température dans le rectum ou le cloaque. Par tâtonnement on arrive, pour un animal donné, à trouver la température ambiante la plus basse qu'il peut supporter pendant un certain temps, plus d'une heure, en général, sans que sa température fléchisse notablement.

On sait que la résistance au froid est un phénomène d'adaptation, et l'un de nous [1] a montré à quel point elle varie selon le milieu thermique de cette adaptation. Nos expériences ayant été exécutées à la fin de l'été, les animaux n'étant pas, par conséquent, adaptés au froid, il n'y a pas de doute que les valeurs que nous avons obtenues seraient plus basses pour des animaux entraînés au froid. Nos expériences concernent les animaux domestiques suivants : Dindon, Canard, Oie, Lapin et Chien.

Dindon, de 2550^g. — A la température ambiante de — 40° il se refroidit lentement. La limite de sa résistance doit être quelque peu au-dessus de — 40°.

Canard, de 1800^g. — Sa température ne fléchit pas au cours de 2 heures à la température ambiante qui est descendue pendant ce temps de — 75° à — 100°. Lorsque la température est tombée au-dessous de — 100°, l'animal commence à se refroidir. Dans une expérience avec un autre Canard, de 1400^g, on observe que la température ne fléchit pas durant 3 heures de séjour à — 75°, tandis qu'à — 100° l'animal est forcé par le froid. La limite de résistance du Canard est donc voisine de — 100°.

Oie, de 3380^g. — Elle supporte pendant 25 minutes la température de — 100°, puis elle commence à se refroidir très lentement. Dans une autre expérience elle a maintenu durant trois heures et demie sa température normale à la température ambiante de — 100.

Lapin, de 1800^g. — Sa limite de résistance est à environ — 45°, température qu'il supporta sans hypothermie durant trois heures.

Chien, de 13^{kg}. — A la température ambiante tombant de — 95° à — 138° dans l'espace de trois heures, le Chien maintint sa température à son niveau normal. Avec notre installation nous ne pouvions obtenir une température plus basse que — 160°. Notre Chien a supporté ce froid de — 160° durant cinq heures, sa température se maintenant à quelques dixièmes de degré au-dessous de ce qu'elle était au début de cette épreuve. Après ce temps l'hypothermie apparut. Notons que tous nos animaux se rétablirent parfaitement de ces épreuves.

En résumé, les homéothermes, non entraînés au froid, qui ont été l'objet

---

(1) S. Gelineo, *Ann. de Physiol. et de Physicochim. biol.*, 10, 1934, p. 1083.

de nos recherches, peuvent faire face pendant un certains temps aux températures ambiantes suivantes, en maintenant leur température corporelle centrale à son niveau normal : Dindon, — 35°; Canard, — 90; Oie, — 100°; Lapin, — 45°; Chien, — 160°. Ces valeurs pour les raisons mentionnées plus haut, n'ont rien d'absolu, mais elles donnent quand même une idée de la puissance homéotherme.

PHYSIOLOGIE. — *Spectres de fluorescence de l'hépatoflavine avant et après irradiation.* Note de MM. **Henri Bierry** et **Bernard Gouzon**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Les travaux récents d'Ellinger et Koschara, Kuhn, György et Wagner-Jauregg d'une part, et de Karrer d'autre part, ont montré les relations étroites qui existent entre divers pigments azotés : lactoflavine, ovoflavine, hépatoflavine, etc. et la vitamine B_2. Cette dernière serait en définitive un complexe dans lequel entreraient : une flavine, cristallisable et bien définie, et un facteur complémentaire hydro-soluble, dialysable et thermostabile, appelé vitamine B_6 (György, Chick et Copping, Harris).

Les aliments contiennent ces flavines, non seulement à l'état libre, mais aussi à l'état de *flavoprotéides* en combinaison avec un support protéique.

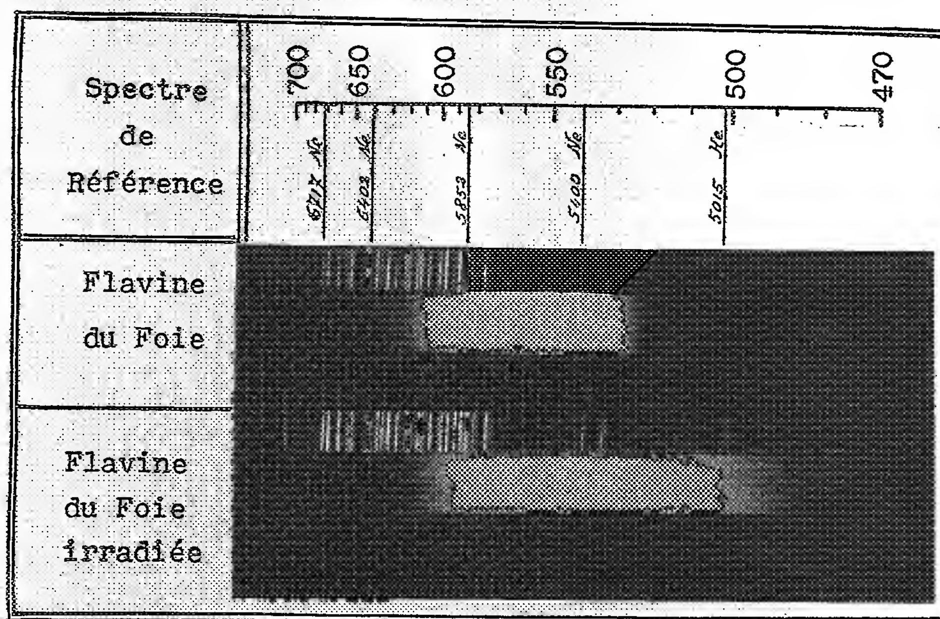
On tend à identifier ces différentes flavines à la lactoflavine, actuellement la mieux connue. Cette dernière, par photolyse en milieu alcalin, perd son groupement hydrocarboné et se transforme en un autre pigment appelé lumiflavine ou photoflavine qui s'apparente à la série alloxazinique.

Ces pigments sont colorés et présentent une fluorescence vert jaune; aussi avons-nous, depuis quelque temps, songé à utiliser non pas les spectres d'absorption comme les divers auteurs, mais les spectres de fluorescence pour la recherche et l'identification des flavines contenues dans les organes et tissus animaux. A notre connaissance, du moins, la spectrographie de fluorescence n'a pas encore été utilisée de façon systématique à ce sujet.

Voici le mode opératoire qui a été suivi :

La flavine est obtenue à partir du foie frais, par extraction au moyen de la terre à foulon en milieu chlorhydrique, puis élution par la pyridine additionnée d'alcool méthylique, en nous inspirant des recherches de Stern. Après élimination de la pyridine, puis divers traitements, on obtient une solution hydro-alcoolique d'hépatoflavine qui présente une fluorescence très intense.

Nous avons, tout d'abord, déterminé le spectre de fluorescence de l'hépatoflavine, puis celui de cette flavine après irradiation. A cet effet, la solution d'hépatoflavine est amenée par de la soude à réaction alcaline (0,5N), puis soumise à l'action d'une lampe de 1000 bougies; l'interposition d'une cuve à eau courante permet d'éviter l'échauffement du milieu. Après 5 heures, la transformation est complète et le pigment, lumiflavine, passe alors intégralement dans le chloroforme. Cette solution chloroformique



est caractérisée par une fluorescence qui diffère de la fluorescence de l'hépatoflavine primitive : elle est, en effet, d'un vert plus accentué et moins teinté de jaune.

L'irradiation de l'hépatoflavine, non plus en milieu alcalin, mais en milieu neutre, conduit à la production d'un corps différent, incolore et doué de fluorescence bleue. Karrer a signalé la production de *lumichrome* dans de telles conditions à partir de la lactoflavine.

Les spectres de fluorescence, reproduits et relatifs à l'hépatoflavine et à la lumiflavine, ont été obtenus en utilisant les rayons excitateurs de l'arc au mercure, filtrés à travers un écran de Wood ($\lambda = 3650$ Å). L'hépatoflavine était solubilisée dans l'alcool méthylique et la lumiflavine dans le chloroforme. Les plaques utilisées étaient de la marque Ilford

(spécial rapid panchromatic) et le repérage était réalisé au moyen d'une lampe à effluves Philips, donnant les raies du néon et les raies principales de l'argon rouge.

Ces spectrogrammes montrent que la composition du rayonnement de fluorescence varie, dans les mêmes conditions, avec la nature du pigment : large bande de fluorescence, comprenant tout le vert et le jaune située entre 5150 et 6150 Å (axe 5600 Å) pour l'hépatoflavine; une bande située dans le vert, dont l'axe est à 5350 Å pour la lumiflavine.

Les spectres de fluorescence de l'hépatoflavine, de la flavine de l'œuf, de la flavine des surrénales, se sont montrés identiques. Ce fait constitue un argument nouveau en faveur de l'identité des diverses flavines.

Par contre, la lumiflavine qui garde la couleur et le pouvoir oxydo-réducteur de la flavine génératrice, mais qui en diffère déjà par sa constitution chimique et ses propriétés biologiques, s'en sépare également par son rayonnement de fluorescence à la frontière du jaune et du bleu. Le groupement qui est détaché par photoréaction de la partie colorée de l'hépatoflavine affecte à la fois l'absorption lumineuse et le pouvoir d'émission de la molécule complexe.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la production expérimentale d'intersexués par l'injection de folliculine à l'embryon de Poulet.* Note de MM. Étienne Wolff et Albert Ginglinger, présentée par M. Maurice Caullery.

La Note de Mme V. Dantchakoff [1] qui, à la suite d'injections de folliculine dans le sac allantoïdien de 36 embryons de Poulet, a obtenu 36 femelles, nous amène à publier dès maintenant nos résultats sur la production d'intersexués.

Technique. — Dépôt de quelques gouttes d'une solution de folliculine Roussel sur le chorion d'embryons de Poulet, à partir du 3e ou du 5e jour.

Nos résultats sont à la fois d'ordre statistique, anatomique et histologique. Pour avoir des résultats indiscutables à ce triple point de vue, il convient de ne tenir compte que des embryons qui ont dépassé le 15e jour de l'incubation, car les embryons morts ou prélevés avant le 15e jour sont difficiles à classer entre les femelles et les intersexués.

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1983.

Série 1. — Injections de folliculine en solution aqueuse saturée du 3e au 15e jour. Dose injectée avant le 8e jour : 35 à 50 unités internationales. 18 embryons évoluent au delà du 15e jour : 8 sont femelles, 7 intersexués, 3 mâles.

Série 2. — Injections de solutions huileuses de folliculine ou de benzoate de folliculine. Résultat global de plusieurs lots d'expériences (une seule injection au 5e jour, ou plusieurs injections du 5e au 15e jour). Dose totale injectée avant le 8e jour : de 90 à 1250 U. I., suivant les lots. Sur 72 *embryons morts* entre le 15e et le 21e jour : 40 *femelles* (ou mâles complètement féminisés), 32 *intersexués*, 0 *mâle*. Sur 7 poussins éclos, 4 sont morts dans les 8 premiers jours : 2 femelles, 2 intersexués; 3 survivent.

Si l'on tient compte, dans la statistique de la série 2, des embryons morts entre le 10e et le 15e jour (20 femelles ou intersexués et un mâle), on arrive au total de 92 *femelles ou intersexués* pour *un seul embryon* présentant au 13e jour l'*aspect morphologique d'un mâle* (étude histologique de cet embryon non encore faite).

Stade limite de transformation. — *Expérience* 1. — Injections commencées au 12e jour, 17 survivants au delà du 15e jour : 12 femelles, 5 mâles, pas d'intersexués.

Expérience 2. — Injections commencées au 7e jour. Dose : 350 U. I. du 7e au 16e jour, 23 embryons survivants : 12 femelles, 5 mâles, 6 intersexués (faiblement intersexués).

Ce n'est donc qu'avant le 7e jour qu'on est assuré de transformer en intersexués les poulets mâles.

Caractères généraux des intersexués. — Nous avons observé toutes les transitions possibles entre les femelles normales et les femelles typiques. Les caractères des intersexués ayant dépassé le 15e jour portent à la fois sur les gonades et sur les conduits génitaux.

I. *Gonades.* — Gonade gauche large et plate, à bords ondulés et aspect tranchant. Ressemble à un ovaire de femelle typique, mais est en général plus étroite.

Gonade droite étroite et cylindrique, à surface lisse. Ressemble à un testicule, mais en général beaucoup moins massive que celui d'un mâle typique à ce stade. Parfois rudimentaire. Le développement du testicule droit est en raison inverse de celui de l'ovaire gauche.

2. *Canaux de Müller.* — On trouve tous les intermédiaires entre conduits femelles typiques et canaux de Müller complètement régressés du mâle normal : tronçons plus ou moins développés des différentes parties des ovi-

ductes gauche et droit (celui-ci en général moins régressé que chez la femelle normale).

STRUCTURE HISTOLOGIQUE DES INTERSEXUÉS. — La glande droite a une structure de testicule.

La glande gauche des intersexués faibles est un *ovotestis* : *région médullaire différenciée en tubes séminaux*, avec grandes et petites cellules disposées autour d'une lumière. *Région corticale à structure d'ovaire :* l'épithélium germinatif émet d'épais cordons, qui entourent le noyau testiculaire et sont bourrés d'ovogonies.

Chez les intersexués forts, la région médullaire est peu développée, la région corticale l'est considérablement. La structure de la gonade gauche oscille entre celle d'une glande hermaphrodite et celle d'un ovaire typique.

CONCLUSION. — *Chez l'embryon de Poulet, l'intersexualité peut être obtenue de façon constante par injection de folliculine à des individus génétiquement mâles*, à condition que ces injections soient faites avant le 7e jour et que la dose soit d'environ 100 U. I.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Contribution à la recherche de l'amygdonitrileglucoside et de l'amygdaloside dans les plantes.* Note de M. **VICTOR PLOUVIER**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Pour rechercher les hétérosides cyanogénétiques dans les plantes, nous utilisons la méthode biochimique de Bourquelot. Mais celle-ci ne nous permet pas de différencier des hétérosides d'indices voisins. Ainsi l'indice de l'amygdonitrileglucoside est 517; celui de l'amygdaloside est 480. L'indice donné par l'expérience présente presque toujours, à cause de la lecture polarimétrique, une erreur supérieure à 30. Il est donc impossible d'identifier ces deux hétérosides et *a fortiori* de déceler leur mélange.

Nous avons voulu préciser dans ce travail quelques points qui facilitent l'interprétation des essais biochimiques. D'autre part, comme la méthode d'extraction fournit seule une certitude, nous décrivons un procédé qui permet de séparer aisément l'amygdonitrileglucoside de l'amygdaloside.

Analyse biochimique. — L'application de la méthode biochimique permet de calculer le sucre réducteur formé par l'émulsine. D'autre part, nous dosons l'acide cyanhydrique et l'aldéhyde benzoïque provenant de cette hydrolyse, l'un par la méthode de Liebig-Denigès, l'autre par la technique de H. Herissey [1].

---

[1] *Journ. Pharm. et Chim.*, **23**, 1906, p. 60.

Or, une moléculegramme d'amygdonitrileglucoside donne 180^g de glucose, 27^g de HCN et 106^g de C^6H^5CHO tandis qu'une moléculegramme d'amygdaloside donne 360^g de glucose, 27^g de HCN et 106^g de C^6H^5CHO. Si nous exprimons pour ces deux hétérosides les rapports glucose/HCN et glucose/C^6H^5CHO, ceux-ci seront respectivement égaux à 6,66 et 1,69 pour l'amygdonitrileglucoside et à 13,33 et 3,39 pour l'amygdaloside.

Un rapport glucose/HCN ≠ 6,66 et un indice ≠ 517 indiquent la présence d'amygdonitrileglucoside. Tout rapport supérieur à 6,66 peut indiquer un mélange mais un rapport ≠ 13,33 et un indice ≠ 480 doivent faire penser à l'amygdaloside. Un rapport compris entre 6,66 et 13,33 décèle la présence d'amygdonitrileglucoside dans le mélange. Le rapport glucose/C^6H^5CHO sert seulement de vérification.

Extraction de l'amygdonitrileglucoside. — Mlle A.-M. Collot [1] a remarqué que l'amygdonitrileglucoside est assez soluble dans l'éther éthylique : 1^l d'éther hydraté en dissout 1^g,6. Elle a basé sur cette observation une méthode d'extraction de cet hétéroside par épuisement à l'éther dans un appareil de Soxhlet, d'une plante riche en amygdonitrileglucoside préalablement séchée et pulvérisée. Il serait impossible d'extraire l'amygdaloside dans les mêmes conditions car 1^l d'éther hydraté n'en dissout que 0^g,02.

Cette remarque nous a permis de séparer l'amygdonitrileglucoside de l'amygdaloside. Mais la méthode de Mlle Collot ne s'applique qu'aux plantes sèches; or au cours de la dessiccation, les hétérosides cyanogénétiques sont partiellement hydrolysés. D'autre part, dans un appareil de Soxhlet, on ne peut traiter qu'une faible quantité de plante, 50^g de feuilles par exemple, d'où la nécessité d'effectuer des extractions multiples. Nous avons modifié cette méthode pour éviter ces deux inconvénients.

La plante fraîche est épuisée à deux reprises par l'alcool à 80° bouillant pendant 20 minutes. Les colatures sont réunies et distillées à sec dans le vide, à une température inférieure à 60°. Le résidu est repris par l'eau; la solution obtenue est filtrée, puis agitée à l'éther pour séparer les matières grasses et la chlorophylle qu'elle contient. La couche aqueuse décantée est incorporée à une quantité convenable de sable. La pâte ainsi formée est desséchée à l'étuve à 35°, puis pulvérisée et introduite dans l'allonge d'un appareil à épuisement continu. Elle est alors épuisée par de l'éther hydraté pendant une durée de 2 à 4 heures selon la quantité d'amygdonitrileglucoside à extraire. Au bout d'une demi-heure, l'éther saturé d'hétéroside se

(1) Volume *Tricentenaire du Museum*, Paris, 1935.

trouble; bientôt, l'amygdonitrileglucoside cristallise. Après 24 heures de repos, il suffit de décanter l'éther et de purifier le produit obtenu par cristallisations dans l'acétate d'éthyle.

Si la quantité d'amygdonitrileglucoside préparée est insuffisante pour être purifiée, elle sert à effectuer un essai biochimique. Un rapport glucose/HCN supérieur à 6,66 indique la présence d'un hétéroside différent, soluble dans l'éther.

Caractérisation de l'amygdaloside. — L'amygdaloside, s'il y en a, n'a été que très peu dissous par l'éther; il reste dans le sable. S'il s'y trouve en quantité suffisante, nous en tentons l'extraction; sinon nous le caractérisons par la méthode biochimique et le rapport glucose/HCN.

Pour extraire l'amygdaloside, nous traitons le sable à deux reprises par de l'eau chaude. Les solutions réunies sont évaporées à sec dans le vide et le résidu est repris par l'alcool à 90° bouillant. L'amygdaloside cristallise par refroidissement.

Pour effectuer un essai biochimique nous épuisons de même le sable par l'eau chaude et l'analyse est faite sur la solution obtenue, convenablement concentrée par évaporation dans le vide. Un rapport glucose/HCN supérieur à 13,33 indique la présence d'un hétéroside différent, insoluble dans l'éther.

Cette méthode donne de bons résultats pour des plantes renfermant au moins $0^{g},010$ de HCN pour 100.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Syphilis expérimentale. Ganglions lymphatiques. Formes minuscules du* Spirochæta pallida. *Spirochétogène syphilitique.* Note de M. **Yervante Manouélian**, présentée par M. Félix Mesnil.

Au cours de l'infection syphilitique chez le lapin, les syphilomes, les ganglions lymphatiques sont virulents. Souvent ceux-ci le sont plus que les syphilomes. Notons qu'à la suite d'inoculation de matériel syphilitique, certains lapins ne réagissent ni par syphilome, ni par aucune manifestation; cependant chez ces animaux les ganglions lymphatiques sont virulents. Or, fait intéressant : alors que les syphilomes contiennent d'innombrables spirochètes typiques, les ganglions lymphatiques n'en contiennent pour ainsi dire pas. Et si quelques chercheurs ont pu y déceler le parasite, il n'en est pas moins vrai que le spirochète, sous sa forme

classique à plusieurs tours de spire, y est très rare. Aussi, devant le contraste entre la rareté et d'après certains auteurs l'absence des spirochètes, et le pouvoir infectant de ces ganglions, quelques chercheurs ont admis l'existence d'une forme infravisible du parasite, forme particulièrement virulente.

De notre côté, nous avons étudié la syphilis expérimentale du lapin avec diverses souches, entre autres avec la souche « *chancre* » fournie obligeamment par le Professeur Bessemans, plus récemment avec celle de notre collègue Saenz. Nos recherches ont porté sur les ganglions inguinaux, poplités, de lapins présentant des syphilomes, et de lapins syphilitiques aussi, mais indemnes de toute lésion apparente.

Si la démonstration des parasites innombrables dans le syphilome est des plus facile, l'étude à l'argent des ganglions lymphatiques est au contraire délicate, difficile. Par ailleurs l'imprégnation de fibrilles de l'appareil réticulaire offre des images fallacieuses pouvant induire en erreur des chercheurs peu avertis. C'est avec des imprégnations très pures et après de nombreux examens que nous rapportons nos résultats.

Les spirochètes typiques, à plusieurs tours de spire, sont pour ainsi dire introuvables dans les ganglions des lapins syphilisés. Cependant nous avons imprégné des spirochètes courts, parfois trapus, à spires peu accusées; des formes minuscules à deux tours, un et moins d'un tour de spire. Parmi ces dernières, on constate des granules munis de filaments ténus.

Ces granules à filaments naissent du spirochète : de l'extrémité du parasite se détache un granule relié au spirochète par un filament, le périplasme, dont la rupture libère le granule. Celui-ci évolue vers le spirochète à un tour, puis à deux, trois tours. C'est à ces formes à tours de spire réduits que s'arrête ici l'évolution du granule à filament. Les spirochètes à nombreux tours de spire sont en effet fort rares, introuvables pour ainsi dire, répétons-le, dans les ganglions lymphatiques des lapins syphilitiques. Mais, fait très intéressant : souvent aussi le granule à filament, au lieu de parcourir tout de suite son cycle évolutif jusqu'au spirochète à tours de spire réduits, le granule à filament, disons-nous, se divise et se multiplie en tant que granule. A un moment, le long ou à l'extrémité du filament périplasmique apparaît un épaississement, un granule noirâtre, qui tranche sur le gris cendré du filament; la portion du filament comprise entre les deux granules s'étire et se rompt : voilà comment se divise le granule à filament Souvent aussi, au lieu de se diviser en deux, celui-ci émet à la file deux, trois granules et même davantage, tous reliés par le filament périplas-

mique ; l'ensemble présente l'aspect d'un chapelet. Notons que la dimension, la disposition des granules varient dans une certaine mesure. Parfois le filament est si mince, si pâle qu'on le voit à peine. Parfois aussi les granules semblent presque confluents et leur imprégnation massive présente alors l'aspect d'un bâtonnet. Notons enfin que les chapelets se résolvent en un amas de granules dont certains, agglutinés, forment des images diverses : diplocoques plus ou moins allongés. Une agglutination plus massive produit de petites taches noirâtres.

Ces formes sont nombreuses dans les ganglions lymphatiques; elles se trouvent parmi les cellules lymphoïdes, nous en avons constaté dans le cytoplasme de certains macrophages.

D'après nos recherches, nous pouvons donc affirmer l'existence, dans les ganglions lymphatiques des lapins syphilisés, de spirochètes courts, minuscules, et de granules munis de filaments fins. Mais, d'après nous, le granule à filament n'est pas la forme minuscule, mais le *germe* du *Spirochæta pallida*. Il peut se diviser en tant que granule, il peut évoluer aussi vers la forme à un tour, puis celles à deux, trois tours de spire qui, elles, sont déjà de minuscules spirochètes. Nous proposons donc de désigner le granule à filament sous le nom de spirochétogène.

RADIOSCOPIE. — *L'examen radioscopique en salle éclairée.* Note de MM. **Ledoux-Lebard, Long** et **Saget**, présentée par M. Antonin Gosset.

La nécessité bien connue d'une adaptation aussi parfaite que possible à l'obscur si l'on veut pratiquer un examen radioscopique fructueux paraît s'opposer, *a priori*, à toute idée d'une observation profitable faite à l'écran en salle éclairée.

Les recherches poursuivies par l'un de nous ont permis cependant d'arriver à une solution du problème dont nous avons pu contrôler la valeur dans la pratique.

En principe, on éclaire la salle de radioscopie avec une certaine lumière et l'on place, entre l'observateur et la glace de verre au plomb protectrice qui recouvre l'écran, et tout contre cette glace, une autre glace, colorée, qui absorbe totalement cette lumière sans atténuer sensiblement la lumière de fluorescence émise par l'écran sous l'action du rayonnement X.

La combinaison la plus avantageuse paraît être celle qui consiste à éclairer la salle avec une lampe à vapeurs de sodium et à adopter comme

écran coloré une glace faite d'un verre auquel l'addition d'une dose de quelques centièmes d'oxyde de néodyme donne une légère coloration rose violacée.

Le rendement est évidemment meilleur si, au lieu de superposer une glace au néodyme à une glace à l'oxyde de plomb, on emploie une glace au plomb colorée elle-même par l'oxyde de néodyme, qui absorbe alors à la fois le rayonnement X et la lumière jaune émise par la lampe à vapeurs de sodium.

Cette glace, appelée *glace contrix-néodyme*, présente une courbe de transmission caractérisée :

1° par une valeur élevée du facteur de transmission pour les radiations comprises entre 4000 et 5000 Å et aussi pour les radiations comprises entre 5360 et 5600 Å (*f* compris entre 0,6 et 0,8);

2° par une forte bande d'absorption entre 5640 et 5900 Å (*f* inférieur à 0,05).

La lumière de fluorescence émise par les écrans radioscopiques sous l'influence des rayons X contient principalement : dans le cas du tungstate de cadmium, les radiations comprises entre 4500 et 4800 Å; dans le cas du sulfure de zinc, les radiations comprises entre 5200 et 5800 Å.

Il résulte de ce qui précède :

1° que la glace contrix-néodyme n'affaiblit pas sensiblement plus la luminosité de l'image radioscopique que la glace protectrice ordinaire, que l'on emploie des écrans au tungstate de calcium ou au sulfure de zinc;

2° que cette glace absorbe complètement la lumière jaune du sodium de longueur d'onde 5890 Å.

Lorsqu'on éclaire une salle de radioscopie avec de la lumière jaune du sodium *convenablement diffusée*, la visibilité des images radioscopiques à travers la glace contrix-néodyme n'est pas inférieure à celle que l'on obtient, *dans l'obscurité*, à travers une glace protectrice ordinaire : d'une part parce que la lumière de fluorescence des écrans radioscopiques n'est que peu affaiblie par la glace au néodyme, d'autre part parce que cette lumière n'est pas diluée de lumière jaune du sodium.

Il est probable qu'un troisième phénomène intervient encore : le léger renforcement du contraste de l'image radioscopique et du fond plus lumineux sur lequel elle se découpe, renforcement dû à la forte absorption des verres au néodyme pour les radiations du milieu du spectre visible.

Nous avons pu nous assurer, en effectuant de multiples examens radio-

scopiques du thorax, du tube digestif, du squelette, de la possibilité de l'application des données précédentes à la pratique courante.

On en conçoit l'intérêt dans le cas particulier des extractions chirurgicales de projectiles ou de corps étrangers opaques sous le contrôle de l'écran. Nous avons procédé, en présence de M. Gosset à une extraction de ce genre (aiguille) en salle éclairée.

Signalons enfin l'utilisation possible de la lumière du sodium pour l'éclairage habituel des salles de radioscopie.

A 15h40m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Géographie et Navigation, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Ernest Fournier* :

En première ligne	M. Georges Durand-Viel.
En seconde ligne	M. Georges Barrillon.
En troisième ligne, ex æquo *par ordre alphabétique*	MM. Emmanuel de Margerie, Pierre Marti, Emmanuel de Martonne, Henri Roussilhe.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 17h15m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AVRIL 1935.

Carlos J. Finlay. Son centenaire (1933). *Sa découverte* (1881), par FRANCISCO DOMINGUEZ. Paris, Librairie Louis Arnette, 1935; 1 vol. 24cm. (Présenté par M. A. Lacroix.)

Syndromes météoropathologiques et inadaptés urbains, par G. MOURIQUAND et P. JOSSERAND. Paris, Masson et Cie, 1935; 1 vol. 20cm.

L'Académie royale des sciences, les universités et les écoles techniques supérieures aux Pays-Bas et aux Indes néerlandaises.

— *Le développement des sciences aux Pays-Bas pendant le dernier demi-siècle.* Leyde, S. C. Van Doesburgh, 1930; 2 vol. 23cm.

Gravity Expeditions at Sea 1923-1932, vol. II, par F. A. VENING MEINESZ, J. H. F. UMBGROVE, PH. H. KUENEN.

— *Tables Belonging to Gravity Expeditions at Sea*, 1923-1932, par F. A. VENING MEINESZ. Isostatic Reductions, Elevations and Corrections of separate Zones. Publication of the Netherlands Geodetic Commission. Delft, N. V. Technische Boekhandel en Drukkerij J. Waltman Jr., 1934; 1 vol. et tableaux, 30cm,5.

Das Venensystem der Japaner, par BUNTARO ADACHI. Erste Lieferung. Kyoto, Druckanstalt Kenkyusha, 1933; 1 vol. 41cm.

Det 4de Nordiske Kjemikermote. Oslo 27-30. *Juni* 1932. *Forhandlinger.* Oslo, A.-W. Brøggers Boktrykkeri A/S, 1933; 1 vol. 24cm,5.

Table générale de la Flore complète illustrée en couleurs de France, Suisse et Belgique, par GASTON BONNIER, achevée par ROBERT DOUIN. Paris, Librairie générale de l'Enseignement E. Orlhac, 1394; 1 vol. 32cm.

Spedizione italiana de Filippi Nell' Himálaia Caracorùm e Turchestan Cinese (1913-1914). Série I. Geodesia e Geofisica sotto la Direzione di Filippo de Filippi. *Carte della zona degli Altipiani e del Ghiacciaio Rimu. Indice Analitico dei Volumi della Serie prima.* Bologna, Nicola Zanichelli, 1935; 1 vol. 31cm,5.

Abaques transparents, tournants, à marques mobiles, par le P. DE LA VILLEMARQUE. Extrait du Bulletin de l'Université l'Aurore, no 29, 1935; 1 fasc. 22cm,5. (Présenté par M. M. d'Ocagne.)

Victor Jacquemont dans l'Himalaya, par EM. DE MARGERIE. In *Geografiska Annaler*, 1935; 1 fasc 24cm,5.

Recherches anthropométriques sur la croissance des diverses parties du corps, par PAUL GODIN. Paris, Amédée Legrand, 1935; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. Ch. Richet.)

Biografia, Bibliografia e Iconografia de Don Manuel Orozco y Berra, par RUBEN GARCIA. Mexico, Sociedad Mexicana de Geografia y estadistica. s. d; 1 vol. $22^{cm},5$.

Der Bau von Nordost-Asien nach neueren Forschungen, par SERGEI OBRUTSCHEW. In *Sonderdruck aus der Geologischen Rundschau*, Bd. XXV, 1934, Heft 6; 1 fasc. $22^{cm},5$.

Visions rouges. Souvenirs de voyages en U. R. S. S., Allemagne, Provinces Baltiques et Pologne, par A. SARTORY et E. BAILLY. Paris, J. Peyronnet et Cie, 1935; 1 vol. $19^{cm},5$.

La Bibliothèque Nationale pendant les années 1930-1932. Rapport à M. le Ministre de l'Éducation nationale. Paris, Imprimerie des journaux officiels, 1935; 1 fasc. 24^{cm}.

Thirty Years of theoretical and Experimental Research in Fluid Mechanics, par DIMITRI P. RIABOUCHINSKY. London, « The Royal Aeronautical Society », 1935; 1 fasc. 25^{cm}. (Présenté par M. Lecornu.)

ERRATA.

(Séance du 27 mai 1935.)

Note de M. *Marc Krasner*, Sur la théorie de la ramification des idéaux.

Page 1813, ligne 27, *au lieu de* χ, *lire* K.
Page 1814, ligne 21, *au lieu de* n_1, *lire* n_0.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JUIN 1935.

PRÉSIDENCE DE M. PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance publique annuelle aura lieu le 16 décembre.

MÉTÉORITES. — *Les tectites sans formes figurées de l'Indochine.* Note de M. **Alfred Lacroix**.

L'une des caractéristiques des tectites de l'Indochine et de ses abords, aussi bien que de celles de toutes les autres régions où se rencontrent ces fragments de verre noir, est qu'elles sont de petites dimensions.

Elles comportent, en plus ou moins grande abondance, des pièces à formes figurées (larmes, poires très étirées, sphères, disques, etc.) modelées au cours de la chute verticale d'une matière assez fluide et des débris de celles-ci, mélangés à des fragments sans forme régulière : plaques, petits morceaux contournés, etc. Ces pièces figurées renferment souvent des bulles gazeuses, sphériques ou allongées, ayant jusqu'à quelques centimètres de diamètre. Très caractéristiques sont des cassures à surface courbe, en forme de cimier ou plus compliquées, mais toujours à surface courbe et à arêtes curvilignes; ce sont celles d'un verre trempé, ainsi que le démontrent encore les phénomènes de biréfringence secondaire qui sont constants; ils permettent de suivre, dans des lames épaisses, les contorsions des mouvements intérieurs auxquels a été soumis le verre avant sa consolidation.

La présente Note a pour objet de signaler une autre modalité de certaines tectites de l'Indochine dont je n'avais observé jusqu'ici que quelques échantillons [Smach; Attopeu; Samrong près Kratié (Cambodge)], épars au

milieu des précédents et dont un gisement remarquable vient d'être découvert en pays Moïs dans le Bas-Laos. Là, au lieu d'être exceptionnelle, cette modalité est la règle. Il s'agit d'un gisement situé à quelques kilomètres au sud de Muong Nong, sur la rive gauche du Sé La Nong, dans la province de Savannakhet, tout près de sa frontière avec celle de Saravane.

En 1932, le chao muong (chef de circonscription) de Muong Nong apporta à M. Détrie, résident de la province en tournée, un bloc de verre noir pesant environ 2^{kg}; ce bloc avait été trouvé, l'année précédente, année de disette, par une femme indigène qui cherchait des racines comestibles dans la forêt. La nature de cet échantillon n'ayant pas été reconnue, il fut mis en pièces et j'en reçus un morceau. Plus tard, M. Détrie voulut bien m'en remettre d'autres et fournir sur l'emplacement de leur gisement des renseignements qui ont permis à M. J.-H. Hoffet, du Service géologique de l'Indochine, de le retrouver et d'y recueillir les indications suivantes; elles ont un vif intérêt, car, pour la première fois, a pu être étudié un gisement primaire de tectites indépendant d'alluvions et intentionnellement mis à découvert.

Des tranchées ont permis d'obtenir la coupe suivante : sous une couche superficielle d'alluvions récentes, de $1^{m},05$ d'épaisseur, se trouve une argile latéritique ancienne reposant sur la partie supérieure des grès liasiques. C'est dans les dix premiers centimètres de cette argile que les tectites sont localisées avec une densité de dissémination exceptionnelle. Une fouille d'une surface de 1^{m^2} a fourni 362 fragments pesant dans leur ensemble $9^{kg},700$; parmi eux, il faut signaler trois gros morceaux pesant respectivement 560, 530 et 220^{g}.

Dans une fouille voisine de 9^{m^2}, ont été ramassés plus de 2000 fragments, dont beaucoup résultent du fractionnemennt de morceaux plus gros au cours du travail de terrassement : M. Hoffet estime à environ 1500 le nombre des pièces originellement entières. Parmi elles, il en faut citer une de $3^{kg},200$; c'est la plus grosse tectite qui ait jamais été rencontrée. L'ensemble pèse $20^{kg},600$. Ces chiffres ne sont donnés que comme preuve de la richesse de ce gisement très localisé, dans la région aucune tectite n'a été trouvée en dehors de lui. Il mesure environ 100^{m^2} et a fourni en tout $67^{kg},500$ d'échantillons.

Parmi ces morceaux, aucun n'a de forme figurée; gros ou menus, tous sont anguleux, certains sont de simples écailles, ils ont le même aspect; leur surface, parfois brillante, est couverte de cupules de corrosion, hémisphériques, petites, serrées les unes contre les autres, et séparées de leurs voisines par des arêtes tranchantes. Grâce à cette particularité, elles

font penser aux moldavites, sous la réserve que les cavités de corrosion ne sont pas des gouttières vermiformes profondes, de grandes dimensions, comme dans ces dernières.

Cette surface raboteuse, âpre au toucher, distingue les tectites du Muong Nong de celles des autres gisements indochinois, où les corrosions sont plus étalées et donnent à la surface un toucher doux.

Le verre, n'est pas contourné, mais quelque peu rubané, cette texture n'entraîne pas la production de figures de corrosion allongées comme dans les tectites des autres gisements; mais ce rubanement est plus accentué sur certaines surfaces particulièrement corrodées et rocailleuses.

Le bord des pièces est souvent déchiqueté, hérissé de pointes qui font penser que certains petits fragments, de même forme, recueillis dans la latérite ont été détachés de pièces plus grosses par la corrosion.

La cassure n'est pas en forme de cimier; elle est plate ou conchoïdale. Le verre n'est donc pas trempé, parce qu'en raison de sa masse, il a été refroidi moins rapidement que les pièces à formes figurées. L'examen optique confirme cette opinion. Notons enfin l'absence de grosses bulles gazeuses mais l'abondance des très petites bulles, le plus souvent parfaitement sphériques. Elles sont régulièrement distribuées.

La composition chimique, l'indice de réfraction ne se distinguent pas de ceux des autres tectites indochinoises. L'hétérogénéité du verre, se manifestant par des variations de couleur en lames minces, est plus grande.

Il me reste à signaler que ces tectites sont souvent encroûtées de limonite latéritique incrustée dans leurs cavités; comme elle renferme des grains de quartz, il est certain que la latéritisation ne s'est pas produite aux dépens de leur support.

En résumé, on se trouve en présence, non plus de grosses gouttes de verre modelées par la fusion au cours de leur chute, mais de débris d'une masse assez importante provenant, comme les météorites pierrreuses classiques, de l'éclatement de blocs encore plus gros, probablement fracturés par leur choc contre le sol; leurs débris sont restés aux alentours du point de chute et l'ensemble a été rongé par les mêmes corrosions chimiques que dans le cas normal. La concentration de tous ces fragments sur une petite surface, l'association sans ordre de pièces de dimensions aussi diverses, leurs formes anguleuses à arêtes vives excluent toute idée de transport et légitiment l'idée formulée plus haut d'un gisement en place.

En terminant, je signalerai la découverte dans le sud du Cambodge, au

cours de fouilles effectuées par M. Dalet dans le site archéologique appelé Tûol Prah Théat (le tertre de la Sainte Relique), situé près de Kompong Speu, d'un bloc de tectite analogue aux précédents, mais moins corrodé : il provient certainement d'un gisement comparable à celui décrit plus haut. Il a été donné au Muséum par M. Cœdès, directeur de l'École française d'archéologie d'Extrême-Orient qui l'a accompagné des indications suivantes :

« Cette tectite se trouvait à 1m de profondeur avec divers fragments de sculptures et de céramiques provenant du sanctuaire, qui ont dû tomber dans la fosse au moment où le dépôt sacré a été violé par les pilleurs de ruines dont la funeste industrie a épargné bien peu de monuments au Cambodge.

« Les dépôts aménagés dans les fondations des sanctuaires contiennent ordinairement des feuilles d'or, souvent associées à des fragments de quartz ou autres pierres dures ».

Cette découverte est donc analogue à celle faite au Prasar Trapéang Thual (nord du Cambodge) dont je dois la connaissance à M. Parmentier. Elle semble indiquer que non seulement les anciens Khmers connaissaient ces fragments de verre noir, mais qu'ils leur attachaient du prix et quelque idée religieuse, soit à cause de l'origine qu'ils leur attribuaient, soit à cause de la rareté et des dimensions exceptionnelles de l'objet, recueilli et conservé par eux.

Ces trouvailles sont en outre, intéressantes à un autre point de vue. Une inscription gravée sur une omoplate d'une statue d'un Boudha, trouvée dans la même fouille, indique que le monument récemment exploré date du VIIe siècle de notre ère. La genèse de cette tectite est donc nécessairement antérieure à cette époque.

MAGNÉTISME. — *Un nouveau métal ferromagnétique, le gadolinium.* Note (1) de MM. **Georges Urbain, Pierre Weiss** et **Félix Trombe.**

Le gadolinium métallique a été isolé récemment (2) à partir de son chlorure exempt de tout autre sel rare avec une teneur en élément étranger inférieure à 0,73 pour 100 (moins de 0,7 pour 100 de silicium, 0,03 pour 100 de fer).

Le métal, dans les conditions de pureté que nous venons d'indiquer, est

(1) Séance du 6 juin 1935.

(2) Félix Trombe, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 459.

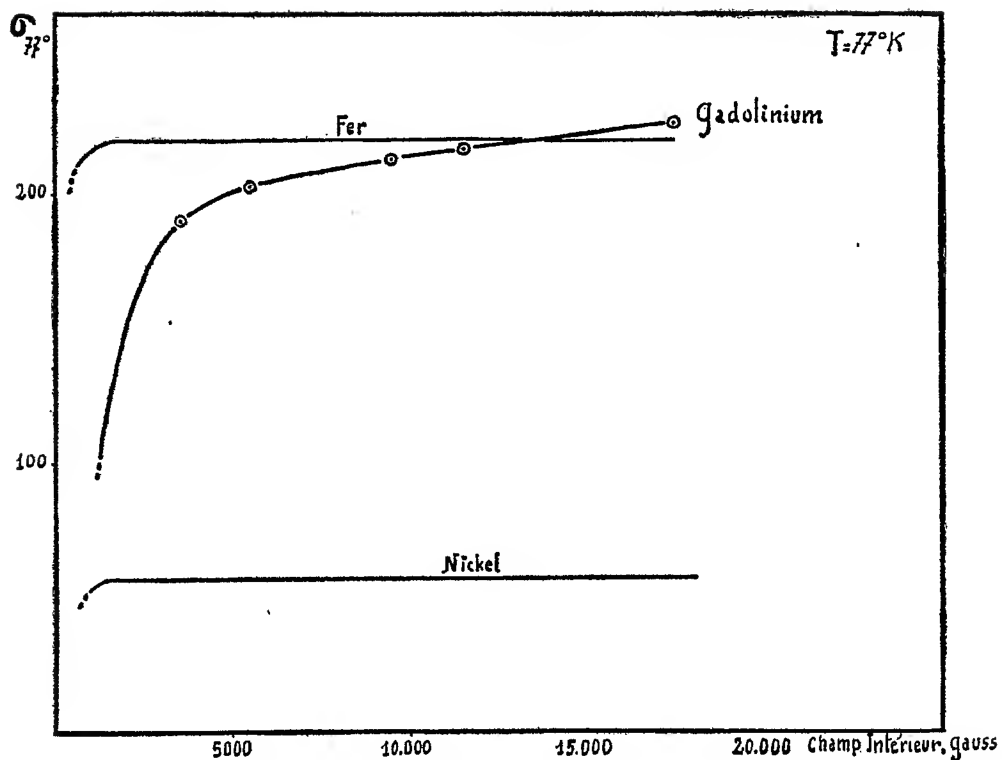

σ 77°
T=77°K
Gadolinium
Fer
200
100
Nickel
5000
10.000
15.000
20.000
Champ Intérieur, gauss

Fig. 1.

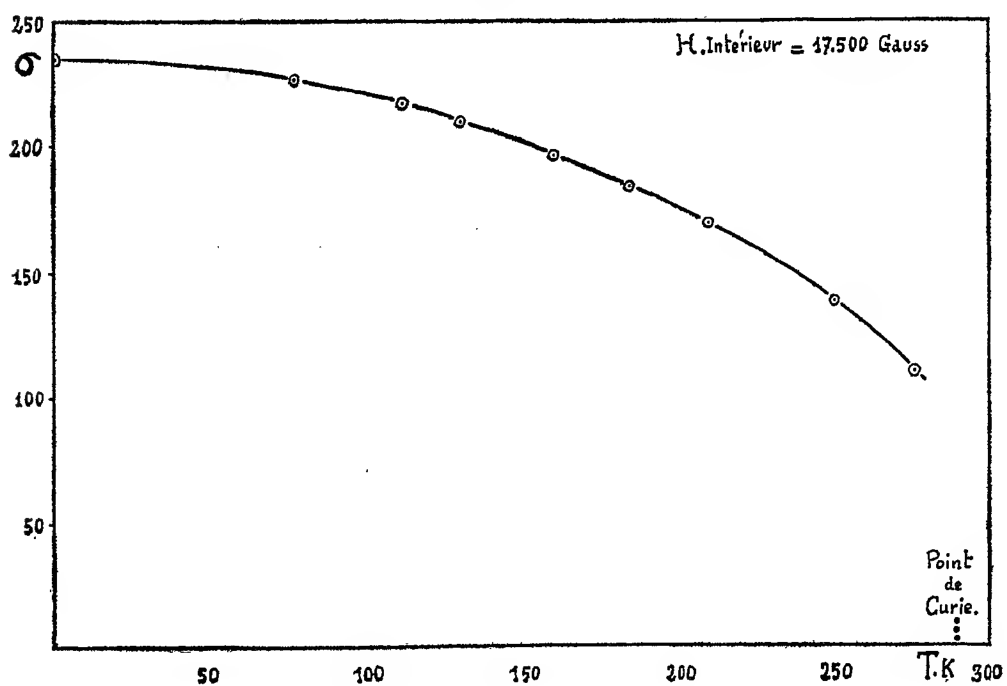

250
σ
H. Intérieur = 17.500 Gauss
200
150
100
50
Point de Curie.
50
100
150
200
250
T.K
300

Fig. 2.

ferromagnétique. Cette propriété, découverte à Paris sur les différents échantillons préparés, a été étudiée ensuite de façon complète par les méthodes précises en usage à Strasbourg sur des quantités de l'ordre de $0^g,12$.

1° *Le point de Curie* de gadolinium est situé à la température ordinaire 16° ± 2°C;

2° La topographie de ses propriétés magnétiques, du point d'ébullition de l'azote (77°K) au point de Curie, a montré la grande dureté magnétique du métal, même dans l'azote liquide; la valeur du coefficient *a* de la loi $\sigma_H = \sigma_\infty(1 - a/H)$ dépasse en effet 1250. (Pour le fer, *a* est inférieur à 10.) La figure 1 représente le résultat des mesures de l'aimantation spécifique du gadolinium *en fonction du champ* à 77° absolus; les courbes d'aimantation du fer et du nickel relatives à la même température sont tracées à la même échelle. Malgré la dureté magnétique du gadolinium, son aimantation spécifique dans les champs élevés dépasse celle du fer.

3° *A différentes températures*, les aimantations spécifiques dans un champ de 17500 gauss ont les valeurs correspondant à la figure 2.

4° *Lois d'approche*. — A 77° K, la loi hyperbolique qui se vérifie bien pour le gadolinium dans le domaine des champs étudiés permet d'extrapoler les valeurs de l'aimantation au champ infini.

La saturation absolue a été déterminée au moyen d'une loi d'approche en T^2 dont nos mesures ont montré la validité dans l'intervalle exploré, au-dessous de 77° K.

Conclusions. — La saturation absolue, trouvée par les méthodes que nous venons d'indiquer, atteint 253,5 U. C. G. S.; celle du fer est égale à 221,7.

Le moment atomique correspondant du gadolinium est 35,4 magnétons expérimentaux, à quelques dixièmes de magnéton près, à cause des extrapolations; il est plus de trois fois supérieur à celui du fer (11 magnétons).

PÉTROGRAPHIE. — *Constitution des phosphates sénoniens d'Égypte*. Note de M. **Lucien Cayeux**.

La découverte des phosphates de chaux d'Égypte est l'œuvre de R. Fourtau, W. F. Hume, T. Barron et H. J. L. Beadnell. Tous les dépôts phosphatés actuellement connus relèvent du Campanien, et renferment, entre autres fossiles caractéristiques, des *Ptychoceras*. D'après

W. F. Hume, on y trouve principalement des vertèbres de Poissons, des dents d'*Otodus biauriculatus* et des coprolithes.

Ces phosphates sont répartis entre trois régions distinctes, très éloignées les unes des autres. Le gîte le plus important, et le seul actuellement exploité, se développe à proximité de la Mer Rouge (Safaga et Koceir). Un deuxième gisement situé en Haute-Égypte, dans la vallée du Nil, a été l'objet d'une exploitation aujourd'hui interrompue (Sebaïa). Le dernier, vierge de toute tentative de mise en valeur, se trouve dans l'oasis de Dakhla, à 200 et 300^{km} à l'Ouest du Nil.

Mes connaissances sont limitées aux phosphates des deux premiers gisements, lesquels vont être caractérisés d'après des échantillons fournis par notre compatriote, M. J. Cuvillier, professeur à l'Université du Caire.

Ces phosphates diffèrent de ceux de la craie sénonienne du Bassin de Paris, notamment en ce qu'ils sont presque invariablement grossiers, avec un aspect parfois congloméré. Au microscope, ils tirent leur caractéristique essentielle de la présence de trois catégories principales d'éléments et de l'absence absolue de restes de Foraminifères.

Au premier rang des matériaux constituants de tous ces phosphates, il faut souvent placer des fragments de tissu osseux. L'élaboration des dépôts implique, en effet, une hécatombe de Vertébrés telle que nombre d'échantillons analysés réalisent le caractère de microbrèches ossifères. La contribution des Vertébrés est représentée par une très forte proportion d'éléments, qui se confondent avec les autres, au double point de vue morphologique et optique, bien qu'on ne puisse y déceler la moindre trace de microstructure caractéristique. A cet égard, les phosphates d'Égypte sont étroitement apparentés à ceux de Syrie et de Transjordanie.

Puis viennent des grains, globuleux ou irréguliers, de phosphate amorphe, indifférencié, dépourvus de toute espèce d'inclusion, exception faite pour des témoins de calcite rongée qui sont loin d'être rares. Susceptibles de l'emporter, ces grains forment, avec les fragments de tissu osseux, le fond de tous les types observés.

Le troisième groupe correspond à des morceaux de roches siliceuses de constitution diverse. Les uns sont homogènes et privés d'organismes; les autres revêtent les caractères d'une diatomite typique, et sont pétris de carapaces de Diatomées marines; d'autres encore ne renferment que des Radiolaires de petite taille, ou de nombreux corpuscules globuleux indéterminables. A cet égard, le gisement de Safaga est particulièrement intéressant. Il importe d'ajouter, pour ne pas fausser l'image des dépôts au

microscope, que ces produits remaniés, empruntés à des formations de haute mer, sont loin de revêtir une grande fréquence.

Aucun organisme, autre que les débris microscopiques ou submicroscopiques de Vertébrés, n'a été observé, particularité que ces dépôts ont en commun avec certains phosphates de Syrie (région de Soukhné).

De nature très variable, la gangue est tour à tour calcaire, quartzo-calcaire, phosphatée, gypseuse, argileuse, et elle est susceptible de manquer. Dans un gisement comme celui de Safaga, les grains de quartz, qui sont absents dans les coupes minces de l'horizon inférieur, se multiplient de bas en haut, et représentent un élément essentiel de la couche supérieure. A ma connaissance, le ciment n'est phosphaté que dans le gisement de Koceir, où des échantillons sont caractérisés par une gangue primitivement calcaire, convertie en phosphate de chaux amorphe. Ceux que je possède de la couche inférieure de Safaga sont pourvus d'une gangue de composition aberrante, observée pour la première fois en milieu phosphaté. Il s'agit d'un ciment gypseux, réservant ou non une place à de la calcite secondaire.

Pour des raisons qui échappent, le milieu favorable à la concentration des éléments phosphatés s'est partout révélé impropre à l'existence des Invertébrés, dont il est impossible d'observer un seul représentant à l'état libre.

Abstraction faite des matériaux du gisement de Koceir, tous ceux que j'ai analysés se réclament d'un seul et unique temps de phosphatisation, c'est-à-dire que la totalité du phosphate observé résulte de la concentration d'éléments tout formés. Dans le cas contraire, la genèse des dépôts s'est faite en deux temps, le second correspondant à l'épigénie partielle ou totale d'un ciment calcaire.

A en juger par le peu que l'on sait sur les gisements du désert lybique, il y a tout lieu d'admettre que la contribution des restes de Vertébrés a été de première importance dans tout le bassin générateur de phosphates. Cette communauté de caractères fait supposer que les gisements, aujourd'hui très largement séparés, étaient reliés à l'origine par des sédiments phosphatés, sinon d'égale richesse, du moins de même nature, et que d'autres témoins de la formation première peuvent subsister sous les sables désertiques.

Deux traits fondamentaux rapprochent les phosphates d'Égypte des phosphates de même âge de Palestine et de Transjordanie : la constitution des grains phosphatés et le rôle immense joué par les restes de Vertébrés.

N'étaient l'intervention des Diatomées et la disparition totale des Foraminifères dans les phosphates d'Égypte, qu'ils pourraient se réclamer les uns et les autres d'un même milieu générateur et constituer, à eux tous, une seule et même province au point de vue génétique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dédoublement catalytique des dérivés monobromés forméniques*. Note [1] de M. **Jean-Baptiste Senderens.**

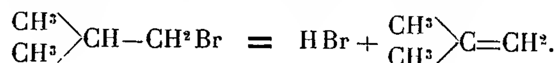
I. J'ai exposé [2] l'action de divers catalyseurs sur les dérivés *monochlorés* forméniques. Il sera question dans cette Note des dérivés *monobromés*. L'appareil et le mode d'expérimentation sont les mêmes que pour les chlorures et, quant aux catalyseurs, je me suis borné à la thorine, à l'alumine et au kaolin qui, d'après les résultats obtenus avec les chlorures, devaient donner pour les bromures, une idée suffisante des réactions. Celles-ci correspondent à l'équation



$$C^nH^{2n+1}Br = HBr + C^nH^{2n}.$$

L'activité du catalyseur employé pourra donc s'apprécier d'après les températures où commence le dégagement de C^nH^{2n} et où il devient abondant.

II. *Bromure d'isobutyle* $(CH^3)(CH^3){>}CH{-}CH^2Br$. — Ses vapeurs, en passant sur la thorine vers 260° dans le tube de pyrex, donnent à l'extrémité de ce tube d'abondantes fumées de HBr qui indiquent le dédoublement



$$(CH^3)(CH^3){>}CH{-}CH^2Br = HBr + (CH^3)(CH^3){>}C{=}CH^2.$$

Mais, comme pour le chlorure d'isobutyle, il est nécessaire de recueillir très près du tube de pyrex l'isobutylène formé, parce qu'il se combine *à froid* avec HBr plus rapidement, ce semble, qu'avec HCl.

III. *Bromure de butyle* n, $CH^3.CH^2.CH^2.CH^2Br$. — La thorine et l'alumine le dédoublent vers 280-300° comme le montrent les fumées de HBr. Mais, contrairement à ce qui se passe avec le chlorure de butyle *n*, en employant le long système abducteur [réfrigérant, ballon, flacon laveur, éprouvette à eau (*loc. cit.*)], on ne recueille ni HBr dans le flacon laveur,

---

(1) Séance du 17 juin 1935.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 612.

ni butylène dans l'éprouvette, mais seulement du bromure de butyle qui remplit peu à peu le ballon.

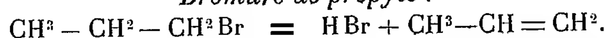
On aurait pu supposer que dans le dédoublement du bromure de butyle il se faisait de l'isobutylène en assez forte proportion, tandis qu'avec le chlorure de butyle la quantité d'isobutylène était faible ou même nulle. L'analyse des gaz m'a montré que ni dans l'un ni dans l'autre cas il ne se forme d'isobutylène.

Il faut en conclure que le butylène se combine *à froid* avec HBr bien plus facilement qu'avec HCl.

IV. Les bromures forméniques suivants dédoublés à chaud par les catalyseurs ne se reconstituent que partiellement *à froid* dans le long système abducteur, en sorte que le flacon laveur renferme HBr et qu'on recueille dans l'éprouvette à eau le carbure éthylénique comme dans le tableau suivant :

Bromure de propyle :

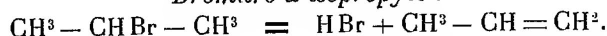
$$CH^3-CH^2-CH^2Br = HBr + CH^3-CH=CH^2.$$



Catalyseurs.	Dégagement de propène commencé à	Dégagement de propène abondant à
Alumine	250°	270°
Thorine	235°	255°
Kaolin calciné	260°	280°

Bromure d'isopropyle :

$$CH^3-CHBr-CH^3 = HBr + CH^3-CH=CH^2.$$



Catalyseurs.	Dégagement de propène commencé à	Dégagement de propène abondant à
Alumine	220°	240°
Thorine	180°	210°

Bromure d'éthyle :

$$CH^3-CH^2Br = HBr + C^2H^4.$$



Catalyseur.	Dégagement d'éthylène commencé à	Dégagement d'éthylène abondant à
Thorine	215°	230°

Après *le bromure d'éthyle* j'ai essayé, avec la thorine, *l'iodure d'éthyle* qui donne vers 240° une réaction complexe en raison de l'iode mis en liberté.

V. Il résulte de cette Communication et de celle qui l'a précédée (*Comptes rendus, loc. cit.*) que les carbures forméniques monohalogénés subissent

comme les alcools (1) l'action des catalyseurs les plus divers. La température de la réaction est plus élevée avec les bromures forméniques qu'avec les chlorures et elle paraît augmenter avec le nombre d'atomes de carbone.

Les auteurs qui avaient signalé le dédoublement des carbures monohalogénés par les chlorures et bromures métalliques avaient cru pouvoir y ramener le dédoublement que j'avais indiqué du chlorure d'isobutyle par l'alumine vers 250° (2). Bien que j'eusse constaté que la chaleur seule ne décomposait pas ce chlorure à 460°, ils admettaient une légère dissociation à 250° d'où résultait un peu de chlorure d'aluminium lequel commençait son rôle de catalyseur rapidement accru par l'acide chlorhydrique provenant de la réaction et retenu par l'alumine (3).

En réalité le gaz chorhydrique se dégage comme il a été dit, et l'alumine reste sensiblement intacte. Il en est de même des autres catalyseurs. C'est ainsi qu'après 5 heures d'expériences avec le chlorure de butyle, où le butylène était abondant, l'alumine et le phosphate tricalcique traités par l'eau qui devait dissoudre les chlorures d'aluminium et de calcium, puis séchés et légèrement calcinés ont donné :

	Poids avant l'expérience.	Après traitement à l'eau.	
		Partie insoluble.	Partie soluble.
Alumine	10^g	10^g	traces
Phosphate tricalcique	12^g	$11^g,8$	$0^g,2$ phosphates

Les bromures forméniques se comportent comme les chlorures. Il faut en conclure que les catalyseurs autres que les chlorures et bromures métalliques dédoublent directement les carbures monohalogénés.

NOMINATIONS.

M. **Jean-Louis Faure** est désigné pour représenter l'Académie à la célébration du Centenaire de Dupuytren, qui aura lieu à Pierre-Buffière, sa ville natale, le 21 juillet 1935.

---

(1) Cf. J. B. Senderens, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, **25**, 1912, p. 449-529.

(2) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **3**, 1908, p. 827.

(3) Cf. Sabatier, *La Catalyse*, 2e édition, Chap. XX, p. 340.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Géographie et Navigation, en remplacement de M. *Ernest Fournier* décédé.

Le nombre de votants étant 59,

M. Georges Durand-Viel	obtient......	34	suffrages
M. Emmanuel de Martonne	»	16	»
M. Georges Barrillon	»	7	»
M. Emmanuel de Margerie	»	1	»

Il y a 1 bulletin blanc.

M. **Georges Durand-Viel**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la Chaire de *Malacologie* vacante au Museum national d'histoire naturelle.

(Renvoi à la Section d'Anatomie et Zoologie.)

M. **René Dubrisay** adresse un rapport sur l'emploi de la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1934.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Ph. Guinier. *Charles Flahault*, 1852-1935.

2° M. A. Boutaric. *La physique moderne et l'électron*. (Présenté par M. M. Delépine.)

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur quelques théorèmes qui se rattachent à un problème de Burnside.* Note [1] de M. **A. Kulakoff**, présentée par M. Jacques Hadamard.

D'après l'hypothèse connue de Burnside, les groupes d'ordre impair sont composés. Quelques considérations m'ont conduit à une hypothèse plus générale, savoir : si les éléments d'un sous-groupe cyclique d'ordre premier impair d'un groupe fini ne sont pas conjugués entre eux, le groupe ne peut être simple.

Il est aisé de voir que cette hypothèse contient celle de Burnside comme un cas particulier. En effet, soient $\mathcal{G}_{2n+1}$ un groupe d'ordre $2n+1$, p le plus petit diviseur premier de $2n+1$. Alors $p-1$ est premier à $2n+1$, d'où il suit qu'un élément d'ordre p de $\mathcal{G}_{2n+1}$ n'est conjugué d'aucune de ses puissances autre que la première [2]. On voit de même que la condition de notre hypothèse est satisfaite dans le cas du théorème bien connu de Burnside [3], qui a été établi par lui à l'aide des groupes de subtitutions monomiales [4]. On exclut naturellement le cas où $p=2$. En se servant de sa méthode, on peut démontrer aussi le théorème suivant

Si $\mathcal{G}$ contient un sous-groupe cyclique $\{S\}$ d'ordre p^α (p premier non nécessairement impair), dont un élément $S^{p^{\alpha-\beta}}=S'$ d'ordre p^β n'est pas conjugué d'une de ses puissances autre que la première, et si n/p^α, où n est l'ordre du normalisant de S' dans $\mathcal{G}$, n'est pas divisible par p, le groupe est composé.

En effet, soit

$$\mathcal{G}=\{S\}+\{S\}T_2+\ldots+\{S\}T_m$$

la décomposition de $\mathcal{G}$ suivant le module $\{S\}$. Construisons l'expression

$$\mathcal{K}=E+\omega^{-1}S+\omega^{-2}S^2+\ldots+\omega^{-(p^\alpha-1)}S^{p^\alpha-1},$$

où ω est une racine primitive de degré p^α de l'unité, et considérons les m systèmes suivants :

$$\mathcal{K},\quad \mathcal{K}T_2,\quad \ldots,\quad \mathcal{K}T_m. \tag{1}$$

---

[1] Séance du 17 juin 1935.

[2] Voir G. Frobenius, *Ueber auflösbare Gruppen III* (*Berliner Sitzungsberichte*, 1901, p. 850).

[3] Cela est vrai aussi pour un théorème plus général dû à Frobenius (*loc. cit.*).

[4] W. Burnside, *Theory of groups of finite order*, 1911, p. 327.

En multipliant ces systèmes par divers éléments de G, nous arriverons à la représentation de G par un groupe de substitutions monomiales. Étudions en particulier ce que donne la multiplication par $S^{p^{\alpha-\beta}} = S'$. Supposons que l'un des systèmes (1), soit KT_i, se transforme en $\omega^\sigma KT_i$ après cette multiplication. Pour cela il faut et suffit qu'on ait $T_i S' = S'' T_i$ (où S'' est un élément de $\{S\}$), d'où il suit $T_i S' T_i^{-1} = S''$. On voit donc que S'' est un élément d'ordre p^β de $\{S\}$. Mais $\{S\}$ contient seulement un sous-groupe d'ordre p^β, savoir $\{S^{p^{\alpha-\beta}}\}$. Donc S'' appartient à $\{S^{p^{\alpha-\beta}}\}$, ce qui, d'après la condition de notre théorème, entraîne $S'' = S'$. Il en résulte que

$$KT_i S' = KT_i S^{p^{\alpha-\beta}} = KS^{p^{\alpha-\beta}} T_i = \omega^{p^{\alpha-\beta}} KT_i.$$

En suivant maintenant mot pour mot les raisonnements de Burnside, on démontrera que G est holomorphe à un groupe cyclique d'ordre p^γ ($\beta \leqq \gamma \leqq \alpha$), c'est-à-dire que G contient un diviseur normal, dont l'ordre est divisible par $p^{a-\alpha}k$, si $p^a k$ (k non divisible par p) est l'ordre de G.

Remarquons encore qu'on peut formuler notre hypothèse comme il suit : chacun des éléments d'ordre premier impair d'un groupe simple est conjugué d'une de ses puissances autre que la première. Cela est vrai pour les groupes simples d'ordre $1/2\,p(p^2-1)$, définis par des congruences (Burnside, *loc. cit.*, p. 442). Cette hypothèse est vraie aussi pour le groupe alterné G_a de degré $n \geqq 5$. En effet, soit

$$\mathfrak{T} = (a_1 a_2 \ldots a_p).(a_{p+1} a_{p+2} \ldots a_{2p})\ldots(a_{(m-1)p+1} a_{(m-1)p+2} \ldots a_{mp})$$

une des substitution d'ordre p de $\mathcal{G}_a$ (p premier impair). Si $m > 1$, $\mathfrak{T}$ est conjugué de $\mathfrak{T}^{-1} = \mathfrak{T}^{p-1}$. Cela est évident si l'un des deux nombres m ou $p - 1/2$ est pair. Supposons maintenant que $m = 2\mu + 1$ et $p = 2\nu + 1$, où ν est un nombre impair. Alors la substitution

$$T = \begin{pmatrix} S_1 & S_2 & S_3 & \ldots & S_{m-1} & S_m \\ S_m^{-1} & S_2^{-1} & S_3^{-1} & \ldots & S_{m-1}^{-1} & S_1^{-1} \end{pmatrix},$$

où $S_i = (a_{(i-1)p+1} \ldots a_{ip})$, qui transforme $\mathfrak{T}$ en $\mathfrak{T}^{-1}$, se décompose en $p + [(m-2)(p-1)]/2$ transpositions et appartient par suite à $\mathcal{G}_a$.

Soit maintenant $m = 1$. Alors si $p - 1/2$ est pair, ou bien si $p - 1/2$ est impair, mais $p \leqq n - 2$, $\mathfrak{T}$ est encore conjugué de $\mathfrak{T}^{-1}$.

Supposons enfin que $m = 1$, $p = n$ ou $n - 1$, et d'ailleurs que $p = 2r + 1$, où $r (> 1)$ est un nombre impair. Comme p est premier, il existe un nombre α appartenant à l'exposant r (mod p). La substitution

$$T' = \begin{pmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & \ldots & a_p \\ a_1 & a_{1+\alpha} & a_{1+2\alpha} & \ldots & a_{1+(p-1)\alpha} \end{pmatrix},$$

qui transforme $\mathfrak{T} = (a_1 a_2 \ldots a_p)$ en $\mathfrak{T}^\alpha$, se décompose en deux cycles contenant chacun r lettres (BURNSIDE, *loc. cit.*, p. 182), ce qui démontre notre théorème.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe de noyaux de Fredholm développables en série des noyaux principaux.* Note de M. **ANTONIO MONTEIRO**, présentée par M. Émile Borel.

1. Soit K(M, P) un noyau tel que

$$(1) \qquad \int\int_V |K(M, P)|^2 \, dM \, dP < +\infty.$$

Soit $\{\lambda_i\}$ la suite des constantes caractéristiques de ce noyau et $\{\Pi_i(M, P)\}$ la suite des noyaux principaux correspondants. On sait que la série

$$(2) \qquad \sum_{i=1}^{\infty} \Pi_i(M, P)$$

n'est pas toujours convergente. Dans le cas particulier où K(M, P) est hermitique, on sait déjà que la série (2) converge en double moyenne quadratique vers K(M, P). La convergence de la série (2) n'a pas été étudiée, à notre connaissance, dans le cas général. Nous indiquons plus loin une classe de noyaux pour lesquels la série (2) converge en double moyenne quadratique.

Remarque. — Soit $\Phi_{i,j}(M, P)$ un système de fonctions orthonormé et complet. Si K(M, P) vérifie (1) on peut écrire, d'après Fischer-Riesz

$$K(M, P) \approx \sum_{i,j=1}^{\infty} c_{ij} \Phi_{i,j}(M, P) \qquad \text{où} \quad c_{i,j} = \int\int_V K(M, P) \overline{\Phi_{i,j}(M, P)} \, dM \, dP.$$

Pour mettre en évidence les propriétés les plus importantes de K(M, P) considéré comme un noyau de Fredholm, il faut choisir convenablement les fonctions $\Phi_{i,j}$. Si l'on pose, par exemple,

$$\Phi_{i,j}(M, P) = X_i(M) \overline{Y_j(P)}$$

[où $X_i(M)$ et $Y_i(P)$ sont les solutions auxiliaires de Schmidt relatives à la constante auxiliaire de Schmidt c_i], on sait qu'on a

$$K(M, P) \approx \sum_{i=1}^{\infty} \frac{X_i(M) \, Y_i(P)}{c_i}$$

(voir par exemple GOURSAT, *Cours d'Analyse*, 3, p. 480).

Mais comme il est facile de le voir, ce développement ne met pas en évidence, dans le cas général, les constantes caractéristiques λ_i de K(M, P), ni les noyaux principaux.

2. Soit $A(M, P) = \sum_{i=1}^{m} X_i(M) Y_i(P)$ un noyau de rang fini. Les fonctions $\{X_i(M)\}$ peuvent être supposées linéairement indépendantes (sur V), alors elles définissent sur l'espace L^2 des fonctions de carré sommable en module une variété linéaire R'_m à m dimensionss. De même les fonctions $\{\overline{Y_i(M)}\}$ peuvent être aussi supposées linéairement indépendantes, alors elles définissent sur L^2 une autre variété linéaire R''_m à m dimensions. Considérons maintenant la variété linéaire définie sur L^2 par les fonctions $\{X_i(M)\}$ et $\{\overline{Y_i(M)}\}$. Cette variété sera à r dimensions, R_r où $(m \leq r \leq 2m)$. Nous dirons que R_r est *la variété associée* à $A(M, P)$. Nous dirons que le *noyau de rang fini* $A(M, P)$ *est régulier* si les deux variétés R'_m et R''_m coïncident, alors on aura $R_r \equiv R'_m \equiv R''_m$, donc $m = r$.

On peut toujours trouver sur R_r deux systèmes de fonctions orthonormées (sur V) : $\{\varphi_i(M)\}$, $\{\varphi'_i(M)\}$ (où $\varphi_i(M) \sim \varphi'_i(M)$, c'est-à-dire : φ_i et φ'_i ne diffèrent que sur un ensemble de mesure nulle sur V) de telle manière que l'on ait :

$$X_i(M) = \sum_{h=1}^{m} \alpha_{ih}\varphi_h(M), \quad Y_i(P) = \sum_{k=1}^{m} \beta_{ik}\overline{\varphi'_k(P)}.$$

Dans ces conditions on aura

$$A(M, P) = \sum_{h,k=1}^{m} c_{h,k}\,\varphi_h(M)\,\overline{\varphi'_k(P)}, \qquad \text{où} \quad c_{h,k} = \sum_{i=1}^{m} \alpha_{i,h}\,\beta_{i,k}.$$

Dans ces conditions nous dirons que $A(M, P)$ est écrit sous la forme orthonormale dont la base est $\{\varphi_i(M)\}$.

3. Nous dirons que $K(M, P)$ supposé de carré sommable en module *est régulier* si tous ses noyaux principaux (qui sont de rang fini) sont réguliers. C'est ce que nous supposerons dans la suite. A chaque noyau principal Π_i on peut alors faire correspondre une variété linéaire R_{m_i}. Il est facile de voir que R_{m_i} et R_{m_j} sont orthogonales si $i \neq j$. Nous dirons que deux noyaux $A(M, P)$ et $B(M, P)$ sont *hyperorthogonaux* s'ils sont orthogonaux et si en outre

$$\int_V \overline{A(M, Q)}\, B(P, Q)\, \partial Q = \int_V \overline{A(Q, M)}\, B(Q, P)\, \partial Q = 0.$$

Les noyaux hyperorthogonaux ont un certain nombre de propriétés que nous étudierons ailleurs.

Lemme I. — *Si* $K(M, P)$ *est un noyau régulier, chaque noyau principal* $\Pi_i(M, P)$ *est hyperorthogonal au reste* $H_i(M, P) = K(M, P) - H_i(M, P)$.

Soit R_{m_i} la variété correspondante à $\Pi_i(M, P)$ et $\{\varphi_\alpha^{(i)}(M)\}$ $(\alpha = 1, 2, \ldots, m_i)$ la base correspondante. Formons le système orthonormé, dans l'espace des fonctions de deux variables réelles M et P : $\Phi_{p,q}^{(i)}(M, P) = \varphi_p^{\prime(i)}(MS)\,\overline{\varphi_q^{\prime(i)}}(P)$ $(p, q = 1, 2, \ldots, m_i)$ et appelons $B^{(i)}$ la base ainsi obtenue.

LEMME II. — *La meilleure approximation de* K(M, P), *en double moyenne quadratique, dans la base* $B^{(i)}$ *est donnée par le noyau principal* $\pi_i(M, P)$.

LEMME III. — *La meilleure approximation de* K(M, P), *en double moyenne quadratique, dans la base* $B^{(1)}+B^{(2)}+\ldots+B^{(n)}$ *est donnée par* $\sum_{i=1}^{n}\pi_i(M, P)$.

LEMME IV. — *La série* $\sum_{i=1}^{\infty}\pi_i(M, P)$ *converge, en double moyenne quadratique, vers une fonction limite* $\pi(M, P)$, *tel que* $\iint_V |\pi(M, P)|^2\, dM\, dP < +\infty$.

4. Posons $K(M, P) = \pi(M, P) + H(M, P)$. Nous avons pu démontrer la proposition suivante :

THÉORÈME. — *Tout noyau régulier* K(M, P) *qui vérifie* (1) *peut être décomposé dans la somme de deux noyaux, dont le module est de carré doublement sommable (sur* V*), qui sont hyperorthogonaux (sur* V*) pour presque toutes les positions de* M *et de* P, *dont l'un* H(M, P) *n'a pas de constantes caractéristiques et dont l'autre* $\pi(M, P)$ *est la somme généralisée de la série* $\sum_{i=1}^{\infty}\pi_i(M, P)$; *série qui converge en double moyenne quadratique vers* π. *De plus chaque* π_i *est le noyau principal de* π *(comme de* K*) relatif à* λ_i *et les* λ_i *sont les seules constantes caractéristiques de* π.

Parmi les noyaux réguliers figurent : les noyaux symétriques, les noyaux hermitiques, les noyaux normaux. On doit remarquer qu'un noyau régulier peut avoir des pôles multiples alors que les noyaux symétriques, hermitiques, normaux ne peuvent avoir que des pôles simples.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *La magnitude absolue des étoiles* B *à raies d'émission*. Note de M. **HENRI MINEUR**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Gerasimovic classe parmi les supergéantes les étoiles B dont le spectre présente les raies de l'hydrogène en émission et W. Mac Leed les considère au contraire comme des géantes un peu plus brillantes que la moyenne [1].

Je me suis proposé de déterminer la magnitude absolue moyenne de

(1) GERASIMOVIC, *Harvard Bulletin* n° 849, 1927; W. Mc LEED, *ibid*, n° 894, 1934.

ces étoiles pour décider de la place qu'elles occupent dans l'évolution stellaire.

2. J'ai étudié dans ce but les étoiles du catalogue de Merrill et Burgwell [1], dont les vitesses radiales et les mouvements propres sont connus. En employant les notations définies dans un récent travail [2] je pose

$$\rho = K + X_1\alpha_1 + Y_1\beta_1 + Z_1\gamma_1 + u_1 . 10^{0,2m}(\alpha_1^2 - \beta_1^2) + v_1 . 10^{0,2m}\alpha_1\beta_1,$$
$$10^{0,2m}\mu_l \cos b = 10^{0,2m} B_2 + X_2\alpha_2 + Y_2\beta_2 + u_2 . 10^{0,2m}(\alpha_1^2 - \beta_1^2) + v_2 . 10^{0,2m}\alpha_1\beta_1,$$
$$10^{0,2m}\mu_b = X_3\alpha_3 + Y_3\beta_3 + Z_3\gamma_3.$$

Désignons par M la magnitude absolue inconnue des étoiles Be d'un type donné, par X, Y, Z les composantes de la vitesse d'ensemble de ces étoiles par rapport au Soleil, par A, B, l_0 les constantes classiques de la rotation galactique, et posons

$$M = 5 - 5 \log_{10} x.$$

On a

$$X_1 = X, \qquad Y_1 = Y, \qquad Z_1 = Z,$$
$$u_1 = -A x \sin 2 l_0, \qquad v_1 = 2 A x \cos 2 l_0.$$
$$B_2 = 0,211\, B, \qquad X_2 = 0,211 \frac{X}{x}, \qquad Y_2 = 0,211 \frac{Y}{x},$$
$$u_2 = 0,211\, A \cos 2 l_0, \qquad v_2 = 0,422\, A \sin 2 l_0,$$
$$X_3 = 0,211 \frac{X}{x}, \qquad Y_3 = 0,211 \frac{Y}{x}, \qquad Z_3 = 0,211 \frac{Z}{x}.$$

Je divise les étoiles considérées en cinq groupes d'après le type spectral et, pour chaque groupe, je calcule les coefficients K, X_1, ..., Z_3 des formules précédentes par la méthode des moindres carrés. La comparaison des coefficients obtenus donne X, Y, Z, A, B, l_0 et x, d'où on en déduit M.

3. Les vitesses radiales donnent pour apex et pour vitesse du Soleil des résultats qui ne semblent pas varier systématiquement avec le type spectral et dont la moyenne

$$X = -19,1, \qquad Y = -5,4, \qquad Z = -5,2$$

est voisine du résultat donné par les étoiles B ordinaires.

4. X, Y, Z étant connus X_2 et Y_2 donnent M, voici les moyennes pondérées des résultats obtenus encadrés des magnitudes absolues des géantes et des supergéantes d'après Strömberg [3] :

---

(1) P. W. Merril et C. G. Burgwell, *Astroph. Journ.*, 78, II, 1933, p. 87.
(2) H. Mineur, *Bulletin, astron.*, 7, 1934, p. 230.
(3) Strömberg, *Mt Wilson Contrib.*, 442, 1932, p. 1.

Type spectral.	Géantes.	Étoiles Be.	Supergéantes.
B_0, B_1....................	−2,8	−1,4 ∓ 0,1	−4,0
B_2..........................	−2,0	−2,8 ∓ 1,4	−4,0
B_3, B_4....................	−1,5	−1,7 ∓ 0,1	−4,0
B_5..........................	−1,4	−1,9 ∓ 0,1	−3,9
B_7 à A	−0,5	−1,1 ∓ 0,2	−3,7
Moyenne	−1,6	−1,7 ∓ 0,05	−3,9

5. X_3, Y_3, Z_3 permettent également de calculer x, mais les erreurs moyennes étant trop grandes, on doit se contenter de calculer la moyenne M de l'ensemble des étoiles étudiées. On trouve ainsi

$$\bar{M} = -1,0 \mp 0,3;$$

6. De même en adoptant $A = 0,015$, u_1 et v_1 donnent

$$\bar{M} = -1,4 \mp 0,5 \quad \text{et} \quad l_0 = 335^{\circ};$$

7. Les étoiles B*e* s'apparentent donc aux géantes ordinaires. L'étude du diagramme (type spectral, $H = m + 5 + 5\log\mu$) révèle que le matériel étudié comprend quelques supergéantes mais en très petit nombre.

Ces résultats montrent que les étoiles B qui présentent les raies de l'hydrogène en émission ne diffèrent pas des étoiles B ordinaires au point de vue de leur éclat absolu, et que l'émission provient de la grande extension de leurs atmosphères.

PHYSIQUE. — *Potentiel d'ionisation de la molécule d'azote.* Note de MM. **Marc de Hemptinne** et **Jean Savard**, présentée par M. Ch. Fabry.

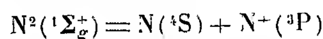
On a mesuré le potentiel d'ionisation de la molécule d'azote par la méthode des chocs électroniques. Le principe de cette méthode a été établi par Franck, et sa technique développée par les expérimentateurs américains. Les électrons émis par un filament de tungstène sont accélérés par un potentiel connu avant de pénétrer dans la chambre d'ionisation. Après choc avec les molécules du gaz à étudier, les électrons sont recueillis sur une plaque métallique inclinée à l'intérieur d'un cylindre métallique auquel elle est reliée. Une plaque de protection placée devant le cylindre permet, par l'établissement d'un potentiel retardateur approprié, d'éliminer les électrons qui ont rencontré les molécules. Notre appareil permet de déter-

miner les potentiels d'ionisation en observant : soit la variation d'intensité du courant électronique recueilli, soit l'arrivée des ions seuls dans le cylindre. Dans ce dernier cas, on établit un potentiel retardateur suffisamment élevé pour qu'aucun électron ne parvienne jusqu'à la plaque réceptrice, quelle que soit la valeur du potentiel accélérateur. On vérifiera ainsi que les potentiels observés correspondent bien à une formation d'ions.

L'appareil a été calibré en observant : *a*, le potentiel d'ionisation de l'argon, 15,7 V.; *b*, celui de la vapeur de mercure, 10,38 V.; *c*, le potentiel de résonance $a+b$ de la vapeur de mercure, 11,53 V., qui correspond à l'activation $1\,{}^1S_0 - 2\,{}^3P_1$ et $1\,{}^1S_0 - 2\,{}^1P_1$.

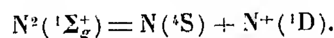
Dans les trois cas, les valeurs observées sont inférieures de 0,15 V. aux valeurs théoriques, ce qui détermine le calibrage de l'appareil. Quatre potentiels ont été observés. Le premier 15,6 V. (corrigé), est le potentiel d'ionisation *vertical* de la molécule, car il est le potentiel minimum à partir duquel se manifeste l'arrivée des ions. Cette valeur est en bon accord avec celle que déterminèrent Tate, Smith et Vaughan (1) par la méthode du spectrographe à masse.

Deux autres potentiels à 21,2 et 23,1 V. (corrigés) nous semblent devoir être interprétés comme correspondant aux réactions de dissociation accompagnée d'ionisation



$$N^2({}^1\Sigma_g^+) = N({}^4S) + N^+({}^3P)$$

et



$$N^2({}^1\Sigma_g^+) = N({}^4S) + N^+({}^1D).$$

Cette interprétation nous est suggérée par le fait que la différence $23,1 - 21,2 = 1,9$ est égale à l'énergie d'activation de l'état $2p^{2}\,{}^1D$ de l'atome ion (1,89 V.)

Si l'on calcule ainsi l'énergie de dissociation de la molécule N^2, on trouve : $D = 21,2 - 14,48 = 6,72$, en bon accord avec la valeur 6,8 V. proposée par L. Henry, grâce à une tout autre méthode (2).

Quant au potentiel d'ionisation de la molécule, il vérifie la formule proposée par l'un de nous (3), et reliant l'énergie de dissociation D de la molécule aux potentiels d'ionisation I_m et I_a de la molécule et de l'atome : $D = 2n.(I_m - I_a)$.

On calcule en effet : $D = 6,72$ V.

---

(1) *Physical Review*, 43, 1933, p. 1054 A.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 656.

(3) *Journal de Physique et le Radium*, 4, 1933, p. 650.

PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de propagation des ondes radioélectriques courtes.* Note de MM. **Nicolas Stoyko** et **Raymond Jouaust**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Au *Bureau International de l'heure*, à l'Observatoire de Paris, pendant les années 1933, 1934 et 1935 on a constaté, au cours des enregistrements des signaux horaires émis sur ondes courtes, que beaucoup de ces signaux étaient doublés. Le premier signal était évidemment celui transmis par les ondes ayant suivi le petit arc de grand cercle passant par le poste émetteur et le poste récepteur. La mesure du temps écoulé entre l'arrivée de ce signal et celle du signal consécutif montrent que dans certains cas ce dernier provenait d'ondes ayant parcouru le plus grand arc de grand cercle et, dans d'autres, d'ondes qui, ayant dépassé la poste récepteur, lui revenaient après avoir décrit le tour de la terre.

L'existence de ces signaux secondaires, que nous désignerons sous le nom de signaux de superpropagation, permet évidemment une mesure précise de la vitesse apparente de propagation des ondes. Les signaux directs et les signaux de superpropagation étant, en effet reçus et enregistrés avec les mêmes appareils, dans les mêmes conditions de réglage, il en résulte que les retards à l'enregistrement s'éliminent et que le temps qui s'écoule entre ces deux enregistrements mesure bien le temps correspondant à la différence des chemins parcourus.

Les observations ont porté sur les signaux horaires émis par les postes de Saïgon ($18^m,51$ et $16^m,35$), Manille ($17^m,50$), Tokyo ($31^m,25$), Moscou (28^m et 25^m), Rockey Point ($28^m,28$) et Monte-Grande ($16^m,99$).

La vitesse moyenne des ondes a été trouvée égale à 287000 km/sec. Les ondes de longueurs comprises entre 16^m et $18^m,50$ (appelées par les radioélectriciens *ondes de jour*) donnent 286700 ± 200 km/sec. Les ondes de 25^m à 31^m donnent 287400 ± 400 km/sec. Cette différence n'a rien qui doive surprendre. On sait que la hauteur de l'ionosphère à laquelle se réfléchissent les ondes est d'autant plus élevée que ces ondes sont plus courtes. La vitesse apparente des ondes doit être d'autant plus faible que les ondes sont plus courtes.

Il est probable que la vitesse des ondes n'est pas la même suivant le chemin parcouru. La vitesse calculée, comme il a été dit plus haut n'est donc qu'une valeur moyenne. Le grand nombre des résultats obtenus sur les postes différents et à diverses heures permet, de tous les résultats

obtenus, de déduire la vitesse de propagation des ondes directes, la vitesse de superpropagation des ondes dans leur trajet diurne et dans leur trajet nocturne.

Remarquons en passant que pour les ondes de 16^m à $18^m,50$ nous n'avons constaté de phénomène de superpropagation que lorsque le trajet nocturne se faisait dans un hémisphère en période d'été. Par contre pour les ondes de l'ordre d'une trentaine de mètres nous avons constaté des superpropagations avec trajet nocturne en période d'hiver.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

	(1).	(2).	(3).
Vitesse directe de jour	276045	283876	284555
Vitesse de superpropagation de jour	287174	290615	290543
Vitesse de superpropagation de nuit	280831	283487	283861

Les nombres de la colonne (1) sont donnés par quatre équations, ceux de la colonne (2) par huit, de la colonne (3) par douze. Ces résultats présentent évidemment entre eux de grandes différences, mais ils ont un caractère systématique commun qui doit attirer l'attention.

La différence entre la vitesse de superpropagation pour les trajets diurnes et nocturnes s'explique par le fait que les zones réfléchissantes de l'ionosphère sont plus basses pour les régions éclairées par le Soleil que pour celles qui sont dans l'obscurité. La différence systématique entre les vitesses de propagation directe et les vitesses de superpropagation diurne doit pouvoir s'expliquer par le fait que les ondes donnant le signal direct quittent l'émetteur sous un angle avec l'horizon plus grand que celles donnant lieu à la superpropagation.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Sur les formules générales de la réfraction d'un pinceau lumineux.* Note [1] de M. **François Croze**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons démontré [2] les formules de Sturm relatives à la réfraction d'un pinceau lumineux en appliquant directement les lois de Descartes. La démonstration classique de Maxwell [3] revient à écrire que, de l'une des

(1) Séance du 17 juin 1935.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1580.

(3) *Proc. Math. Soc. London*, 4, 1871, p. 337.

surfaces d'onde du pinceau incident à l'une des surfaces d'onde du pinceau réfracté, les distances optiques sont les mêmes sur tous les rayons. On peut simplifier notablement cette démonstration en prenant comme surfaces d'onde de référence non pas celles qui se croisent au point d'incidence du rayon moyen ([1]), mais celles qui passent par les centres des focales des pinceaux conjugués et qui par conséquent sont assimilables à des arcs de courbe tangents à ces focales ([2]).

Soient MI le rayon moyen d'un pinceau qui tombe sur un dioptre séparant deux milieux d'indices respectifs n et n', i l'angle de ce rayon avec la normale d'incidence NI, i' l'angle de réfraction du rayon conjugué IM'. Soient d'autre part $\rho_1 = \mathrm{IF}_1$ et $\rho_2 = \mathrm{IF}_2$ les distances frontales respectives des points focaux des sections principales XIM et YIM du pinceau incident, α et $\alpha + \pi/2$ les angles respectifs de ces sections principales avec le plan MIN. Soient de plus R_1 et R_2 les rayons de courbure des sections principales du dioptre au point I ; θ et $\theta + \pi/2$ les angles de ces sections principales avec le plan MIN. Il s'agit de déterminer les distances frontales $\rho'_1 = \mathrm{IF}'_1$ et $\rho'_2 = \mathrm{IF}'_2$ des points focaux respectifs des sections principales X'IM' et Y'IM' du pinceau réfracté. A cet effet nous considérerons dans le pinceau incident un rayon passant par un point P de la focale $\mathrm{F}_1\Pi$ à la distance $\delta = \mathrm{F}_1\mathrm{P}$ de son centre F_1, se réfractant sur le dioptre en un point J et passant ensuite par un point P' de la focale $\mathrm{F}'_1\Pi'$ à la distance $\delta' = \mathrm{F}'_1\mathrm{P}'$ de son centre F'_1. Soient D le point où le rayon PJ coupe la surface d'onde passant en F_1, D' le point où le rayon JP' coupe la surface d'onde réfractée passant en F'_1. Nous écrirons que l'on a

$$\Delta = n(\mathrm{DP} + \mathrm{PJ} - \mathrm{F}_1\mathrm{I}) + n'(\mathrm{JP}' + \mathrm{P}'\mathrm{D}' - \mathrm{IF}'_1) = 0.$$

Et nous évaluerons cette différence en tenant compte des termes de l'ordre de $(\mathrm{IJ})^2$.

Rapportons le dioptre et les deux pinceaux conjugués à un système d'axes rectangulaires $\mathrm{I}xyz$ dans lequel le plan $\mathrm{I}xz$ se confondra avec le plan d'incidence MIN du rayon moyen et l'axe $\mathrm{I}z$ avec la normale d'incidence IN dirigée dans le sens de la propagation de la lumière incidente. Pour évaluer $\mathrm{DP} + \mathrm{PJ} - \mathrm{F}_1\mathrm{I}$, nous exprimerons d'abord la longueur DP en fonction des distances $\delta = \mathrm{F}_1\mathrm{P}$ et $\mathrm{F}_2\mathrm{F}_1 = \rho_1 - \rho_2$. En assimilant la surface d'onde de sommet F_1 à un arc de cercle de centre F_2 et de

---

([1]) Cf. H. Bouasse, *Optique géométrique supérieure*, p. 170.

([2]) Cf. F. Croze, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 913.

rayon F_1F_2, nous aurons $DP = \delta^2/2(\rho_1 - \rho_2)$. Nous exprimerons ensuite la différence $PJ - F_1I = -(JP - \rho_1)$ en fonction des coordonnées respectives x, y, z et ξ, η, ζ des point J et P, en développant la racine carrée de $\overline{JP}^2 = (x-\xi)^2 + (y-\eta)^2 + (z-\zeta)^2$. Or, en posant

$$\frac{1}{P} = \frac{\cos^2\theta}{R_1} + \frac{\sin^2\theta}{R_2}, \qquad \frac{1}{Q} = \frac{\sin^2\theta}{R_1} + \frac{\cos^2\theta}{R_2}, \qquad \frac{1}{G} = \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)\sin\theta\cos\theta,$$

on a

$$2z = \frac{x^2}{P} + \frac{y^2}{Q} + \frac{2xy}{G}.$$

Comme la focale F_1H fait avec le plan Ixz l'angle $\alpha + \pi/2$ et que sa projection sur ce plan fait avec les axes Ix et Iz des angles égaux respectivement à i et $i + \pi/2$, on a d'autre part

$$\xi = \rho_1 \sin i - \delta\cos i \sin\alpha, \qquad \eta = \delta\cos\alpha, \qquad \zeta = \rho_1\cos i + \delta\sin i\sin\alpha.$$

On trouve ainsi facilement, en négligeant les termes du troisième ordre :

$$DP + PJ - F_1I = \sin i . x + \frac{1}{2}\cos i\left(\frac{1}{P} - \frac{\cos i}{\rho_1}\right)x^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{\cos i}{Q} - \frac{1}{\rho_1}\right)y^2 + \frac{\cos i}{G}.xy$$
$$+ \frac{1}{2}\frac{\rho_2}{\rho_1 - \rho_2}\frac{\delta^2}{\rho_1} + \cos\alpha\frac{\delta}{\rho_1}y - \cos i\sin\alpha\frac{\delta}{\rho_1}x.$$

Mais, si l'on néglige les termes du troisième ordre, on a

$$\delta = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2}Y \qquad \text{avec} \qquad Y = y\cos\alpha - x\cos i\sin\alpha.$$

En substituant cette expression de δ et en posant

$$\frac{1}{a} = \frac{\cos^2\alpha}{\rho_1} + \frac{\sin^2\alpha}{\rho_2}, \qquad \frac{1}{b} = \frac{\sin^2\alpha}{\rho_1} + \frac{\cos^2\alpha}{\rho_2}, \qquad \frac{1}{\gamma} = \left(\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2}\right)\cos\alpha\sin\alpha,$$

on a ainsi finalement

$$DP + PJ - F_1I = \sin i . x + \frac{1}{2}\cos i\left(\frac{1}{P} - \frac{\cos i}{a}\right)x^2$$
$$+ \frac{1}{2}\left(\frac{\cos i}{Q} - \frac{1}{b}\right)y^2 + \cos i\left(\frac{1}{G} - \frac{1}{\gamma}\right)xy.$$

En posant

$$\frac{1}{a'} = \frac{\cos^2\alpha'}{\rho'_1} + \frac{\sin^2\alpha'}{\rho'_2}, \qquad \frac{1}{b'} = \frac{\sin^2\alpha'}{\rho'_1} + \frac{\cos^2\alpha'}{\rho'_2}, \qquad \frac{1}{\gamma'} = \left(\frac{1}{\rho'_1} - \frac{1}{\rho'_2}\right)\cos\alpha'\sin\alpha',$$

on trouverait de même

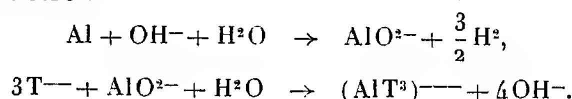
$$JP' + P'D' - IF'_1 = -\sin i'.x - \frac{1}{2}\cos i'\left(\frac{1}{P} - \frac{\cos i'}{a'}\right)x^2$$
$$- \frac{1}{2}\left(\frac{\cos i'}{Q} - \frac{1}{b'}\right)y^2 - \cos i'\left(\frac{1}{G} - \frac{1}{\gamma'}\right)xy.$$

En formant l'expression de Δ et en annulant les coefficients de ces différents termes, on retrouve la loi de la réfraction et les trois formules de Sturm.

POUVOIR ROTATOIRE. — *Sur une nouvelle méthode pour étudier la corrosion de l'aluminium par la soude.* Note de MM. **Yeu Ki-Heng** et **Yeou Ta**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons trouvé (1) qu'en solution basique, il existe un aluminotartrate de formule $[AlT^3]Na^3$ (où T désigne le radical $C^4H^4O^6$). Ce corps semble être un tartrate double d'aluminium et de sodium; mais l'ion Al^{+++} y est complètement dissimulé.

Sur ce complexe, nous avons repris nos études par une autre méthode : une lame d'aluminium est plongée dans une solution (50^{cm^3}) de tartrate de sodium M/20 avec une certaine quantité de soude M/100 en excès. L'aluminium se transforme en aluminate qui, à son tour, se combine avec le tartrate. Le pouvoir rotatoire de la solution α_v (raie verte du mercure) augmente lentement de 6°,60 à 17°,50 ($l = 10^{cm}$, $t = 20^\circ$C.). La rotation initiale correspond évidemment à celle du tartrate de soude pur; la rotation finale correspond au moment où tout le tartrate est transformé en $[AlT^3]Na^3$. On mesure de temps en temps le pouvoir rotatoire et la perte de poids de l'aluminium; on calcule, d'autre part, à partir de la rotation, le poids d'aluminium combiné. La coïncidence des deux valeurs mesurée et calculée nous montre que le composé formé est bien $[AlT^3]Na^3$. La réaction doit être :



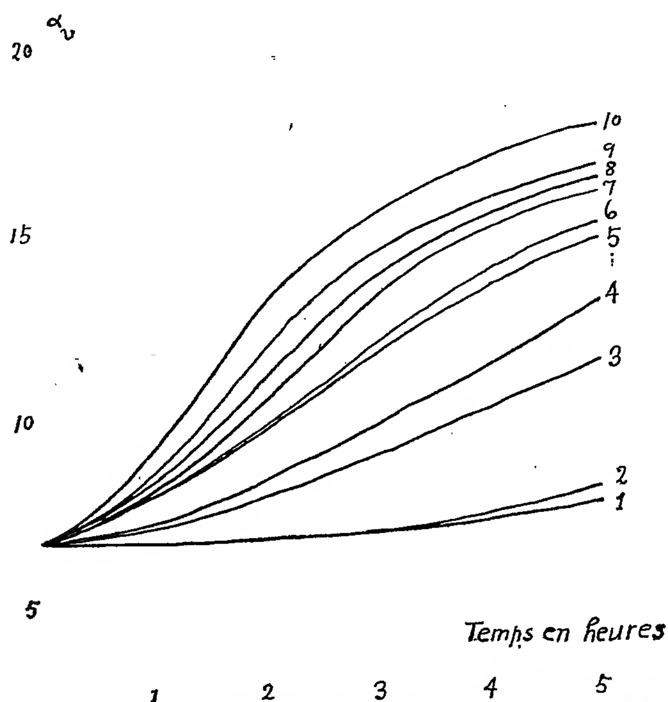
$$Al + OH^- + H^2O \rightarrow AlO^{2-} + \frac{3}{2}H^2,$$
$$3T^{--} + AlO^{2-} + H^2O \rightarrow (AlT^3)^{---} + 4OH^-.$$

D'après ce processus, pour une même quantité de tartrate, à la fin de la réaction, la même quantité de soude serait mise en liberté et s'engagerait

(1) Yeu Ki-Heng, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 259.

sous forme d'aluminate. Elle doit être indépendante de la quantité de soude ajoutée au préalable, c'est ce qu'on a trouvé en effet.

La vitesse d'attaque varie considérablement avec la quantité de soude ajoutée au préalable et avec la pureté de l'aluminium. Nous avons trouvé ainsi une nouvelle méthode pour étudier la corrosion de l'aluminium par la soude. Cette méthode présente l'avantage qu'on peut opérer avec une



1, aluminium à 99,998; 2, aluminium à 99,990; 3, aluminium à 99,86; 4, aluminium à 99,58; 5, duralunium sans cuivre; 6, inalium; 7, duralunium; 8, avional; 9, dusili normal; 10, carbium. Surface de chaque plaque : 20$^{cm^2}$.

teneur en soude très faible. Avec une solution (50$^{cm^3}$) contenant 1/20 M de tartrate et 1/100 M de soude, la variation des rotations est déjà mesurable avec une grande précision; une telle précision est bien difficile à atteindre par la méthode classique de perte de poids (1).

Nous étudions actuellement d'une part le mécanisme de cette réaction, l'influence de la température, celle des sels neutres, etc.; d'autre part,

(1) Mlle N. Goldowski, *Thèse de Paris*, 1935, p. 59.

nous essayons d'établir une méthode rapide et précise pour déterminer la pureté d'un échantillon d'aluminium. Nous citons ici seulement un de nos résultats : les courbes $\alpha_v = f(t)$ pour différentes plaques d'aluminium et de ses alliages. Pour les échantillons les plus faciles à attaquer, ces courbes se placent le plus haut. Les alliages sont beaucoup plus attaquables que le métal; le métal le plus pur est le moins attaqué.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une méthode pour la mesure des vitesses de chute de sphères solides dans un liquide visqueux*. Note de M. **M. Mahmoud Ghali**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans le but d'étudier le mouvement des particules en suspension dans les eaux du Nil ou déposées dans les canaux d'irrigation, nous avons eu souvent à déterminer la vitesse de chute d'une sphère dans une région donnée d'une nappe liquide; il est alors nécessaire d'enregistrer les passages de la sphère à deux niveaux préalablement choisis.

Parmi les méthodes que j'ai eu l'occasion d'employer, je signalerai la suivante qui a l'avantage d'éliminer les perturbations produites par l'emploi de dispositifs enregistreurs placés à l'intérieur du liquide. Elle consiste à enregistrer les passages d'une sphère, de plusieurs sphères ou d'un *nuage* de particules, par occultation de deux faisceaux convergents, dirigés vers une cellule photoélectrique, qui définissent la hauteur de chute. Le passage de la sphère, ou d'un flux de sphères, ou encore d'un nuage de corps irréguliers dans les parties étroites des deux faisceaux, produit des variations d'un courant électrique, qui sont enregistrées, après amplification, sur un papier photographique entraîné par un moteur. On enregistre du même coup les vibrations d'un étalon du temps; la précision de la mesure du temps est supérieure à 1/1000e de seconde.

La chute des sphères solides est réalisée dans un grand aquarium A (*fig.* 1) en verre, rempli d'eau distillée, ayant 1^m de haut et une section carrée de 50^{cm} de côté.

La sphère (ou le groupe de sphères) suspendu à un électroaimant E par l'intermédiaire d'une pointe est immergé dans le liquide.

Deux lampes pointolites SS', placées loin des parois, sont à des niveaux tels que leurs images $S_1S'_1$ données par les lentilles L_1 et L_2 soient à l'intérieur du liquide et définissent les sommets de deux faisceaux convergents. Les axes de ces faisceaux sont horizontaux, les images $S_1S'_1$ sont sur la même verticale dans l'axe de la cuve, et la distance $S'S'_1$ est déterminée à l'aide d'un cathétomètre Z, à 1/10 de millimètre près. L'image S_1 est située dans une région du liquide où la vitesse limite est atteinte. Cette

région a été déterminée, dans le cas d'une sphère d'acier par exemple, en photographiant à des intervalles de temps égaux à 1/200 de seconde, les images ponctuelles données d'une source lumineuse, par la sphère réfléchissante. S'_1 est assez éloignée du fond de la cuve afin d'éviter une action des parois sur le mouvement.

A la sortie de l'aquarium, les faisceaux traversent les lentilles L_3, L_4, se réfléchissent sur les prismes P, P' et tombent sur une cellule photoélectrique C. L'intensité du

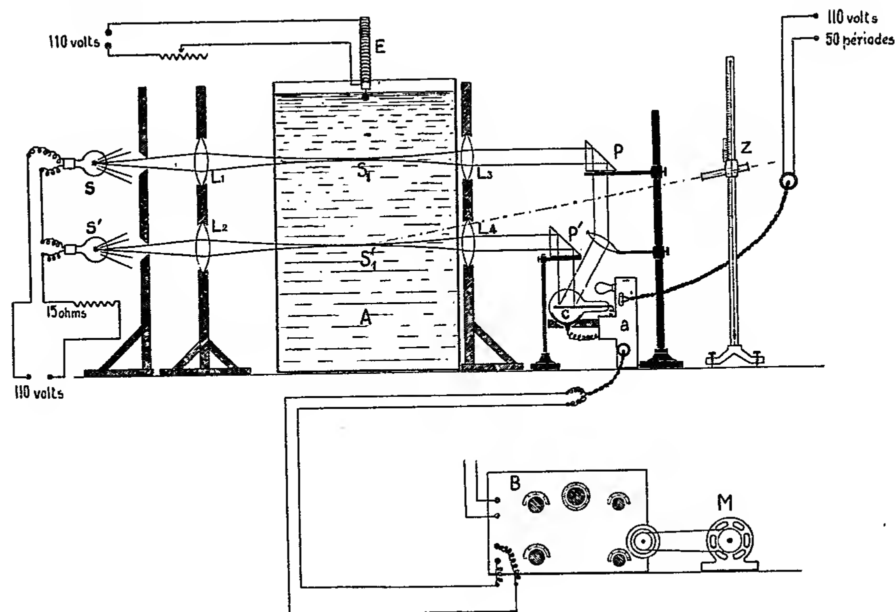


Fig. 1.

courant de la cellule, amplifié par l'amplificateur (*a*), varie de 50 milliampères chaque fois qu'une sphère occulte l'un des faisceaux. L'un des équipages de l'oscillographe Blondel B (période propre 1/5000e de sec) est alimenté par le courant de la cellule, l'autre reçoit un courant étalon de fréquence 50.

Résultats. — Les oscillogrammes 1, 2, 3, 4 (*fig*. 2) concernent la recherche de la vitesse limite de sphères d'acier identiques (diamètre $1^{cm},5017$, densité 7,741), pour un grand nombre de Reynolds (25.100), et un coefficient de résistance 0,559 dans les cas suivants : une sphère unique, deux sphères juxtaposées, une sphère unique et deux sphères superposées.

La distance S_1, S'_1, est de $17^{cm},42$. La température de l'eau est demeurée constante égale à 24°,2.

Les occultations des faisceaux S_1, S'_1, sont marquées D et A sur les oscillogrammes.

En utilisant d'autres milieux, des solutions de saccharose de diverses

concentrations et en employant des méthodes d'enregistrement distinctes de la précédente, on obtient une vitesse limite de chute respectivement

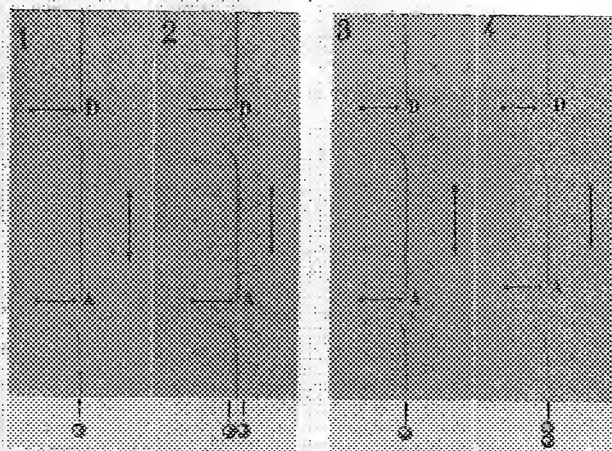


Fig. 2.

inférieure ou *supérieure* à celle relative à une sphère unique, selon que l'on fait tomber ensemble deux sphères *juxtaposées* puis *superposées*.

On s'est assuré en répétant l'expérience sur une sphère unique que ces variations ne proviennent pas d'un changement dans les conditions du milieu.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la surface utile des membranes de détendeurs.* Note (1) de MM. ANDRÉ PIGNOT et HUBERT GAUDRY, présentée par M. Aimé Cotton.

On utilise dans l'industrie des gaz comprimés (air, hydrogène, gaz de ville) des détenteurs à membrane. On a cherché à calculer la surface utile des membranes, cette notion étant indispensable pour déterminer la force à exercer sur l'une des faces du diaphragme, l'autre étant soumise à la pression du gaz détendu.

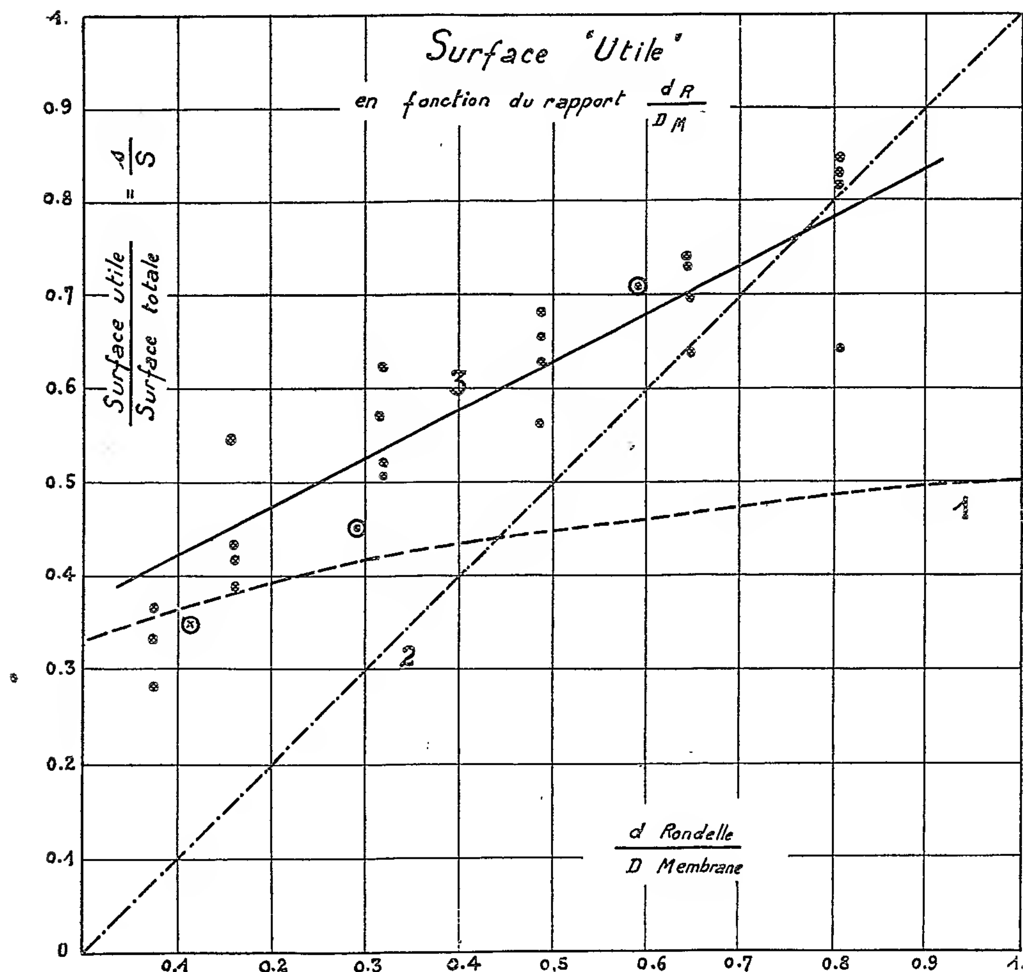
Les différentes formules obtenues ne concordant pas, nous avons déterminé cette surface utile par l'expérience.

Appareillage. — Il comprend un boîtier de détendeur sur lequel on peut fixer une membrane. La capacité ainsi formée est reliée d'une part à une

(1) Séance du 17 juin 1935.

pompe à air et, d'autre part, à un manomètre à eau. Un contact électrique disposé sur le circuit d'une sonnerie permet de repérer la position de repos.

En sa partie centrale la membrane peut être serrée entre deux rondelles



métalliques indéformables. On a essayé divers jeux de rondelles de diamètres différents.

Une tige verticale, guidée sans frottement et munie à sa partie supérieure d'un plateau, est susceptible de recevoir des poids destinés à équilibrer la pression.

Nous avons essayé des membranes de 310^{mm} de diamètre en caoutchouc mince, en coutchouc épais, en cuir, en toile à ballon et en clinquant de

laiton avec rondelles en aluminium de 22^{mm}, 50^{mm}, 100^{mm}, 150^{mm}, 200^{mm} ou 250^{mm} de diamètre; une membrane en caoutchouc de 85^{mm} de diamètre avec rondelles de 25^{mm} et 50^{mm} et une membrane en acier de 85^{mm} de diamètre avec rondelles de 10^{mm}.

Établissement de la formule. — Si, pour chaque membrane, on cherche la surface utile, c'est-à-dire la surface d'un piston sans frottement qui, recevant sur sa face supérieure la même charge serait équilibré par l'application sur sa face inférieure d'une pression par centimètre carré égale à celle qui équilibre cette charge dans le cas de la membrane circulaire, on pourra calculer le rapport

$$\frac{\text{Surface utile}}{\text{Surface totale}} = \frac{s}{S}.$$

Si, dans un système de coordonnées rectangulaires, nous portons suivant Ox les valeurs du rapport

$$\frac{\text{Diamètre rondelle}}{\text{Diamètre membrane}} = \frac{d}{D}$$

et, suivant Oy les valeurs du rapport s/S, nous obtiendrons un système de points représenté sur la figure ci-contre. Nous pourrons alors faire passer dans ce système de points une courbe moyenne qui se réduit à une droite dont l'équation est

$$s = S\left(0,5\frac{d}{D} + 0,37\right).$$

Les courbes 1 et 2, discontinues, sont fournies par deux formules établies par le calcul.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Au sujet de la capture de neutrons lents par un noyau.* Note de MM. **Léon Artsimovitch**, **Igor Kourtschatov**, **Léon Miççovskiï** et **Pierre Palibin**, présentée par M. Paul Langevin.

Fermi (¹) a montré que pour les éléments dans lesquels la capture du neutron n'est pas accompagnée de l'émission de particules lourdes, on peut augmenter nettement la probabilité de capture en diminuant préalablement la vitesse des neutrons.

(¹) Amaldi, Agostino, Fermi, Pontecorvo, Rasetti et Segré, *Proc. Roy. Soc.*, 149, 1935, p. 522.

Fermi admet qu'après avoir traversé 10 à 15^cm d'eau les neutrons ne possèdent plus qu'une vitesse de l'ordre de grandeur de celle de l'agitation thermique.

F. Perrin et Elsässer (¹) ont montré qu'en considérant seulement les forces d'attraction entre neutrons et protons, on peut obtenir des valeurs très élevées pour la section de capture σ, lorsqu'il existe dans le noyau un niveau s avec une énergie de liaison très petite. Cette section varie en fonction de la vitesse v du neutron, approximativement comme l'inverse de v.

Dans le but d'obtenir une confirmation des idées de Fermi et de Perrin, nous avons effectué la mesure du coefficient d'absorption dans l'argent et dans le cadmium en interposant différentes épaisseurs d'eau entre la source de neutrons et le filtre métallique. Au milieu d'un ballon de verre rempli d'eau, se trouvait une ampoule contenant du radon et du béryllium. Comme indicateur, on utilisait la radioactivité artificielle d'un écran d'argent et d'un écran de rhodium placée près du ballon de verre, avec interposition de filtres constitués par la substance étudiée.

Dans le tableau ci-dessous sont rassemblés quelques résultats qui montrent que les épaisseurs d'eau que nous avons utilisées (6 à 20^cm) ne suffisent pas pour que soit atteinte une valeur constante du coefficient d'absorption.

Rayon du ballon de verre en cm.	Pourcentage des neutrons absorbés dans			
	0^mm,3 d'argent. Indicateur Ag.	0^mm,3 d'argent. Indicateur Rh.	0,017 g/cm² de cadmium Indicateur Ag.	0,017 g/cm² de cadmium. Indicateur Rh.
6,2	23	6	9	11
7,4	19	12	16	18
10,2	22	9	20	24
12,6	22	13	24	33
20,2	20	38	35	38

Cette variation montre que la répartition d'équilibre de l'énergie n'est pas encore atteinte. La constance de μ_{Ag} montre seulement que, dans un certain intervalle d'énergie, σ_{Ag} ne dépend que très peu de l'énergie des neutrons et diminue très vite au delà des limites de cet intervalle : ce résultat ne peut être concilié avec les calculs de Perrin et Elsässer.

Nos expériences prouvent que σ_{Ag} et σ_{Cd} prennent des valeurs très élevées même pour des neutrons dont la vitesse n'est pas très petite. Il était inté-

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 450.

ressant de déterminer la limite supérieure de la bande d'absorption intense.

Si nous connaissons le nombre des atomes radioactifs qui se forment dans un écran d'épaisseur donnée, et le coefficient d'absorption, nous pouvons déterminer le nombre N_1 des neutrons susceptibles d'agir sur l'écran, qui pendant l'unité de temps sortent du ballon rempli d'eau. En partant de la valeur connue du libre parcours des neutrons, on peut évaluer grossièrement la forme du spectre des neutrons qui ont traversé une certaine couche d'eau. La limite supérieure de la bande de grande absorption E_g, peut être déterminée à partir de la condition suivante : l'aire limitée par la courbe de répartition de l'énergie entre O et E_g doit être égale à N_1/N_0, en appelant N_0 le nombre des neutrons rayonnés par la source dans l'unité de temps. Pour l'argent, on trouve avec une épaisseur d'eau égale à 6^{cm} : $N_1/N_0 = 0,20$ et pour une épaisseur d'eau égale à 12^{cm} : $N_1/N_0 = 0,40$. Si l'on augmente encore l'épaisseur d'eau, le rapport reprend des valeurs plus faibles.

La limite supérieure, évaluée d'après la comparaison des valeurs ci-dessus avec le spectre des neutrons qui ont traversé 6^{cm} d'eau, se trouve comprise entre 3.10^3 et 5.10^4 ev.

Le spectre de neutrons peut être déterminé par sommation à partir des fonctions de distributions $f_1(E)$, $f_2(E)$, ..., $f_n(E)$ relatives aux neutrons qui ont subi 1, 2, ..., n chocs. Dans l'hypothèse de chocs élastiques ces fonctions se présentent sous la forme suivante :

$$f_1(E) = \frac{1}{E_0}, \qquad f_2(E) = \frac{1}{E_0}\log\frac{E_0}{E}, \qquad \ldots, \qquad f_n(E) = \frac{1}{(n-1)!}\log^{n-1}\frac{E_0}{E}.$$

Le nombre des neutrons susceptibles d'agir sur l'argent, diminue lorsque l'épaisseur de la couche d'eau dépasse 12^{cm}. La variation de l'intensité suit une marche analogue dans le cas du rhodium. Dans le tableau suivant se trouvent les valeurs de l'activité relatives à l'argent et au rhodium et rapportées à l'unité d'angle solide, pour différentes épaisseurs d'eau

Épaisseur d'eau	6,2	7,4	10,2	12,6	20,2	25
Activité relative à l'argent	470	600	820	860	600	300
Activité relative au rhodium	450	610	780	860	550	300

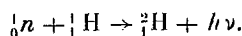
Pour expliquer cette variation, il faut admettre l'une ou l'autre des deux hypothèses suivantes :

1° les neutrons lents sont fortement absorbés dans l'eau;

2° la probabilité de capture des neutrons possède le caractère d'un

phénomène de résonance : $\sigma(E)$ est maxima dans un certain domaine de valeurs de E.

Si l'on adopte la première, il en résulte pour la section équivalente une valeur de l'ordre de 10^{-24} à 10^{-25} cm² qui ne s'accorde pas avec la valeur 10^{-29} cm², calculée par Chadwick à partir de l'absorption des neutrons suivant la réaction.



$$ {}^1_0n + {}^1_1H \rightarrow {}^2_1H + h\nu. $$

La seconde hypothèse semble impliquer la superposition de forces répulsives entre neutrons et noyaux, pour des distances relativement grandes, en plus des forces attractives qui l'emportent pour les distances très petites.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE — *La radioactivité artificielle du ruthénium bombardé par des neutrons.* Note de MM. **Igor Kourtschatov**, **Léon Nemenow** et **Ivan Selinow**, présentée par M. Paul Langevin.

Fermi et ses collaborateurs ont réussi, avec presque tous les éléments, à obtenir la radioactivité artificielle sous l'action d'un bombardement de neutrons. Parmi les éléments qui semblaient faire exception se trouvait le ruthénium, bien qu'il se comportât, dans le tableau des isotopes (¹) exactement comme les paires d'éléments voisins molybdène et palladium, dont la radioactivité artificielle avait été observée de la façon la plus nette.

Il nous a paru intéressant de rechercher s'il était possible de provoquer la radioactivité du ruthénium au moyen de neutrons lents. Fermi (²) avait opéré avec des neutrons rapides, en prolongeant le bombardement pendant 40 minutes. Nous avons placé le métal, pris sous forme pulvérulente, entre deux feuilles d'acétylcellulose collées par leurs bords et d'épaisseur voisine de 25 microns. La source de neutrons était constituée par une ampoule contenant du radon et du béryllium, dont l'activité équivalait à 350 millicuries. Elle se trouvait plongée dans un récipient cylindrique rempli d'eau, de 30^{cm} de hauteur et de 20^{cm} de diamètre. L'échantillon de ruthénium était placé aussi près que possible de la source. Les électrons émis sous l'action du bombardement de neutrons étaient enregistrés, au moyen d'un compteur de Geiger et Müller, muni d'une fenêtre constituée par une feuille de cuivre de 10 microns d'épaisseur. Nous avons observé

(¹) I. Selinow, *Physik. Zeits. Sow. Un.*, 7, I, 1935, p. 82.

(²) Amaldi et autres, *Proc. of Roy. Soc.*, 868, 1935, p. 522.

une radioactivité provoquée notable; après 18 heures d'exposition au bombardement, le nombre des décharges était à peu près 10 fois plus grand que celui des décharges observées spontanées et atteignait la moitié du nombre des décharges sous l'action d'une poudre d'argent exposée dans les mêmes conditions. Nous avons vérifié que l'enveloppe d'acétylcellulose n'était pour rien dans cette activité.

Cette activité provoquée décroît en fonction du temps suivant une courbe qui démontre l'existence d'au moins 4 noyaux radioactifs, dont les périodes de désintégration sont respectivement 40 secondes, 100 secondes, 11 heures et 75 heures. Par extrapolation, on trouve que les intensités de la radioactivité de ces noyaux sont entre elles comme 100, 100, 10, 40 pour l'état d'équilibre qui s'établit pendant l'exposition.

Si l'on compare ces résultats avec ceux de Fermi, on doit en conclure que c'est seulement sous l'action de neutrons ralentis par la traversée d'une couche d'eau que l'on peut obtenir la réaction qui conduit aux noyaux de périodes égales à 40 et 100 secondes. Il nous a suffi en effet de reprendre l'expérience sans plonger la source de neutrons dans l'eau, pour retrouver le résultat négatif de Fermi. Les faits actuellement connus ne permettent aucune conclusion certaine en ce qui concerne les deux noyaux de période longue.

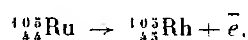
Il semble possible que la formation du noyau radioactif puisse être attribuée à la capture d'un neutron lent sans expulsion d'une particule de masse élevée.

L'égalité initiale des intensités de la radioactivité des deux noyaux à désintégration rapide rend vraisemblables deux réactions successives suivant le schéma :

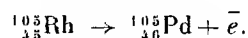


$$^{104}_{44}\mathrm{Ru} + ^{1}_{0}n \to ^{105}_{44}\mathrm{Ru} + w_0,$$

où w_0 représente l'énergie libérée

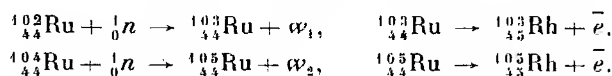


$$^{105}_{44}\mathrm{Ru} \to ^{105}_{45}\mathrm{Rh} + \bar{e}.$$



$$^{105}_{45}\mathrm{Rh} \to ^{105}_{46}\mathrm{Pd} + \bar{e}.$$

On peut supposer encore que ces deux noyaux radioactifs se produisent indépendamment l'un de l'autre, à partir d'isotopes différents du ruthénium

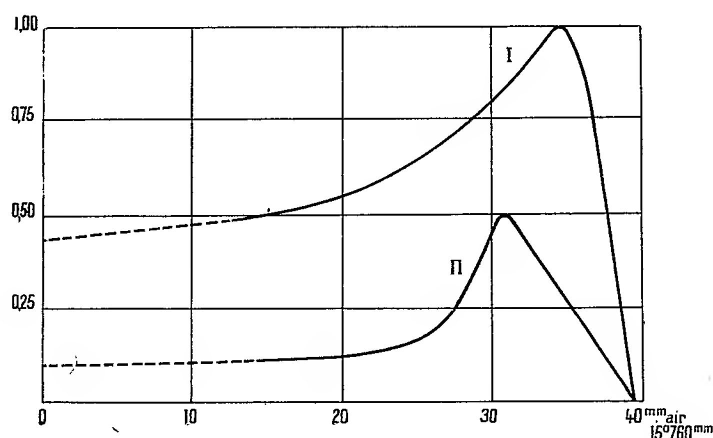


$$^{102}_{44}\mathrm{Ru} + ^{1}_{0}n \to ^{103}_{44}\mathrm{Ru} + w_1, \qquad ^{103}_{44}\mathrm{Ru} \to ^{103}_{45}\mathrm{Rh} + \bar{e}.$$
$$^{104}_{44}\mathrm{Ru} + ^{1}_{0}n \to ^{105}_{44}\mathrm{Ru} + w_2, \qquad ^{105}_{44}\mathrm{Ru} \to ^{105}_{45}\mathrm{Rh} + \bar{e}.$$

Les désintégrations à longue période peuvent correspondre à la transformation ultérieure du noyau $^{105}_{45}\mathrm{Rh}$.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la courbe de Bragg des rayons* H.
Note (¹) de M. **R. Grégoire**, présentée par M. Jean Perrin.

Avec un amplificateur proportionnel à ionisation, nous avons étudié la courbe de Bragg, dans l'air, des rayons α du polonium. Pour cela nous utilisions une chambre de 3^{mm} d'épaisseur, traversée par un faisceau parallèle de rayon α du polonium; le polonium ayant été déposé sur du nickel. Pour chaque distance de la chambre à la préparation, nous avons déterminé l'ionisation individuelle de chaque rayon. A cause des fluctuations de parcours et d'ionisation, nous avons déterminé cette ionisation par la moyenne d'environ 600 rayons pour chaque distance. Nous avons obtenu la courbe



d'ionisation ci-contre (courbe 1), en fonction de la distance de la chambre à la source. Cette courbe coïncide avec la courbe de Bragg obtenue par la méthode ordinaire (²), sauf dans les deux derniers millimètres de la trajectoire, car nous mesurions avec l'ionisation totale le nombre des rayons existants. En raison des fluctuations de parcours, le nombre des rayons diminuait à la fin de la trajectoire.

En plus de la courbe due aux rayons α, nous avons trouvé qu'il existait une faible quantité de rayons (environ 1 pour 100) dont l'ionisation

(¹) Séance du 12 juin 1935.
(²) Naidu, *Ann. de Physique*, 1, 1934, p. 95.

moyenne était inférieure à celle du plus grand nombre de rayons. En prenant pour unité l'ionisation maximum des rayons α, nous avons trouvé une deuxième courbe de Bragg contenue dans la première. Cette courbe se rapporte à des rayons qui ont le même parcours extrapolé que celui des rayons mais le maximum d'ionisation se trouve à 31^{mm} (air, $15°$, 760^{mm}) et a pour valeur 0,50. L'énergie de ces rayons peut être déterminée par rapport à celle des rayons α, en prenant le rapport des surfaces des courbes de Bragg. On trouve $W = 0,25\,W\alpha$. Nous allons avec ces résultats essayer de déterminer la nature de ces particules.

Soit M leur masse, Ne leur charge, v leur vitesse. Pour unité de masse, prenons celle de l'atome d'hydrogène, pour unité de vitesse celle des rayons α du polonium, pour unité de charge, la charge élémentaire.

L'énergie des rayons étant de la forme $1/2\,Mv^2$, on a la relation

$$\frac{1}{2}\,Mv^2 = 0,25 \times 2. \tag{1}$$

D'autre part, le parcours étant proportionnel à Mv^3/N^2e^2, on a la deuxième relation $Mv^3/N^2e^2 = 4/2^2e^2$; c'est-à-dire

$$\frac{Mv^3}{N^2} = 1. \tag{2}$$

En éliminant v entre (1) et (2), on trouve $MN^4 = 1,00$, M et N étant forcément des nombres entiers, la seule solution acceptable est $M = 1$ et $N = 1$.

Les particules donnant la deuxième courbe de Bragg sont donc des particules H. Ce sont des rayons H naturels, car ils n'existent plus quand la préparation a été conservée en l'absence de vapeur d'eau.

Leur vitesse s'obtient par la relation (2), on trouve $v = 1$; ils ont donc la même vitesse que celle des rayons α. Le rayon de courbure de particules dans un même champ magnétique est proportionnel à Mv/Ne. Si R est le rayon correspondant aux rayons α, on trouve $R_1 = R/2$ pour ces rayons. En déviant les rayons par un champ magnétique dans un appareil à déviation directe, nous n'avons plus trouvé aucun rayon correspondant au rayon de courbure calculé, ce qui confirme la conclusion précédente.

Nous avons ainsi obtenu la courbe de Bragg des rayons H, mais nos résultats sont en désaccord avec ceux de M. Leprince-Ringuet (1) qui indique un maximum d'ionisation de 0,25, au lieu de 0,50.

---

(1) Leprince-Ringuet, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1543-1545.

Franck a déjà signalé (1) l'existence de groupe de rayons H naturels, mais sa méthode ne permettait pas l'étude des rayons H de parcours inférieur à ceux des rayons incidents. Notre résultat prolonge et complète son travail.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Cryoscopie de mélanges de peroxyde d'azote et de brome.* Note (2) de MM. **A. Perret** et **R. Perrot**, présentée par M. Georges Urbain.

Le peroxyde d'azote obtenu par oxydation de l'ammoniac de synthèse a été rarement l'objet de mesures physico chimiques. Nous nous sommes proposés d'en mesurer le point de solidification après l'avoir soigneusement purifié.

Cette mesure présente un certain intérêt car les divergences des valeurs attribuées à cette constante du peroxyde préparé par les méthodes classiques s'étendent sur plus d'un degré. Voici quelques-unes des valeurs les plus vraisemblables :

$-9°,6$ C. (3), $-9°,04$ (4), $-10°,8$ (5), $-10°,5$ (6), $-10°,2$ (7)

Le peroxyde d'azote provenant de l'oxydation de l'ammoniac contient après une première distillation de l'anhydride nitreux et de l'acide nitrique. De ces deux impuretés N^2O^3 s'élimine facilement par action de l'oxygène. L'acide nitrique présent à faible teneur, le produit ayant été desséché par action de P^2O^5, n'a de chances de s'éliminer que par distillation lente sur une longue colonne garnie de P^2O^5 dispersé sur de la laine de verre.

Le condensat obtenu a présenté comme point de solidification la valeur de $-11°,2$ (corrigée). Cette même valeur fut également observée sur quatre fractions successives séparées par cristallisation fractionnée.

D'autre part, une série d'échantillons de 15 à 20g de ce peroxyde abandonnés en tubes scellés pendant deux mois avec P^2O^5 de qualité commerciale ou sublimé en courant d'oxygène, ont présenté encore cette valeur $-11,2°$C. comme température de solidification.

---

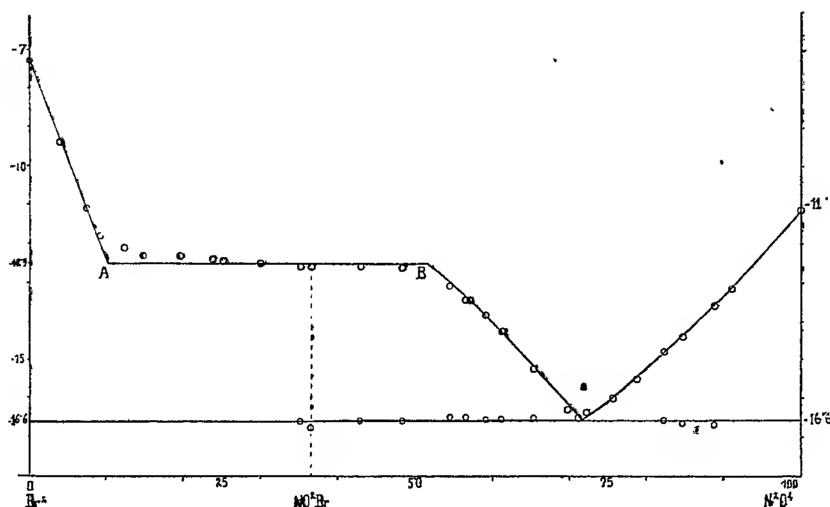
(1) Franck, *Zeit. für Phys.*, **90**, septembre 1934, p. 764.
(2) Séance du 17 juin 1935.
(3) Guye et Drouguinine, *Journ. Chim. Phys.*, **8**, 1910, p. 473.
(4) Oddo, *Gaz. Chim. Ital.*, **45**, 1915, p. 413.
(5) Scheffer et Treub, *Z. für physik. Chem.*, **81**, 1913, p. 308.
(6) Egerton, *Journ. Chem. Soc.*, **105**, 1914, p. 647.
(7) Pascal et Garnier, *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **25**, 1919, p. 309.

La mesure de la température fut effectuée avec un thermomètre à mercure dont l'étalonnage assure une précision de $\pm$ 0,02°.

La cause d'erreur principale pouvant affecter ce résultat réside dans l'impossibilité de contrôler l'élimination complète de l'acide nitrique (¹).

Ce peroxyde d'azote purifié fut utilisé à la préparation de mélanges avec du brome pur, de point de fusion $-7,3$°C. Le tracé de la courbe de solidification commençante de ces mélanges offre l'intérêt de constituer une contribution importante à la question de l'existence du bromure de nitryle.

En effet, il n'existe qu'une seule mention bibliographique récente de ce composé.



Zuskine (²) prétend l'avoir obtenu en condensant les vapeurs d'un mélange de peroxyde d'azote et de brome après passage sur du charbon d'os entre 200-250° C. L'absence de toute constante physique caractérisant le produit obtenu par cet auteur et d'ailleurs le mode opératoire suivi ne confèrent qu'une vraisemblance restreinte à l'existence de ce bromure. En effet, Schumacher et Sprenger (³) ont montré que le chlorure de nitryle, composé certainement plus stable que le bromure, se décompose irréversiblement par chauffage à 100° déjà.

(¹) D'après Pascal et Garnier (*loc. cit.*) le système N^2O^4 et HNO^3 présente un eutectique à -11°,8 pour 3 pour 100 HNO^3. En admettant un abaissement du point de congélation de ces mélanges directement proportionnel à la teneur en acide, notre peroxyde présenterait une teneur voisine de 1,9 pour 100 en HNO^3.

(²) *Bull. Soc. chim.*, 4ᵉ série, **37**, 1928, p. 187.

(³) *Z. f. anorg. Chem.*, **192**, 1929, p. 139.

Les mélanges soumis à la cryoscopie ont été préparés par addition de volumes connus des deux composants. La composition centésimale s'exprime facilement par l'utilisation des poids spécifiques correspondants.

Nous avons obtenu la courbe suivante :

Comme premier résultat, il est aisé de déduire l'absence de combinaison pour la composition correspondant à NO^2Br.

Dans l'intervalle de A à B, le système est hétérogène. Malgré l'opacité du mélange, au moyen d'une sonde constituée par un tube de verre dont l'extrémité obturée est brisée dans la couche inférieure, il est possible de mettre en évidence les deux couches de densité différente dans tout le domaine d'existence de l'hétérogénéité.

L'absence de combinaison au voisinage de la composition du bromure de nitryle pourrait s'expliquer par une vitesse de formation trop faible pour indiquer la présence de ce composé pendant la durée de la cryoscopie du mélange. Nous avons vérifié que cette interprétation n'est pas conforme aux faits. Plusieurs tubes scellés contenant le mélange $1\,NO^2 + 1/2\,Br^2$ ont été abandonnés à la température ordinaire pendant trois mois. Quelques-uns d'entre eux ont été exposés à l'action de catalyseurs, iode ou lumière ultra-violette. Le point de solidification commençante est resté le même dans chacun des tubes. La même observation a été faite sur un échantillon chauffé vers 100° et ensuite refroidi rapidement.

Il est donc légitime de conclure que le bromure de nitryle ne se forme pas par action du brome sur le peroxyde d'azote.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Méthode pour calculer à priori la puissance calorifique d'un combustible technique.* Note de M. **Marcus Brutzcus**, présentée par M. G. Urbain.

Il a été montré ([1]) que les hydrocarbures liquides purs, brûlés dans un moteur, développent, pour un litre de la cylindrée, presque exactement la même quantité de calories, à savoir presque une calorie par litre d'air (à 0°C. et 760^mm^ de pression) ou, si l'on calcule par molécule-gramme d'oxygène pur, 105^cal^.

En raison de l'importance de ce fait pour la technique des moteurs, il était intéressant de rechercher si cette même quantité de calories développée par molécule d'oxygène se rapporte encore à la combustion des combustibles

([1]) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1186.

liquides usuellement brûlés dans les moteurs, comme les différentes huiles de pétrole, de goudron, de lignite, de schiste et les huiles végétales.

Ce fait, expérimentalement établi, permet d'établir une nouvelle méthode de calcul de la puissance calorifique de tous les combustibles formés par des hydrocarbures liquides, connaissant leur composition élémentaire. Cette méthode est beaucoup plus exacte que les méthodes employées actuellement.

Si un combustible contient C pour 100 de carbone, H pour 100 d'hydrogène, S pour 100 de soufre et O pour 100 d'oxygène, la quantité de molécules-grammes d'oxygène nécessaire pour la combustion de 1^{kg} de ce combustible est égale à

$$M = \frac{1000.1/100\,(C/12.32 + H/4.32 + S/32.32 - O)}{32} = 10\left[\frac{C/3 + H}{4} + \frac{S - O}{32}\right].$$

Le tableau ci-après, qui contient les dosages et les puissances calorifiques d'huiles de provenances très différentes, montre qu'une molécule-gramme d'oxygène utilisée pour la combustion de ces huiles développe presque exactement 104^{cal}.

Les chiffres du dosage et des puissances calorifiques des huiles citées dans le tableau sont empruntés à l'étude de MM. Constam et Schläpfer.

Outre les 22 huiles qui sont citées dans le tableau, 58 autres ont été calculées. Si l'on prend pour base le chiffre 104^{cal} pour une molécule-gramme d'oxygène, 42 huiles montrent un écart inférieur à 0,5 pour 100 de la puissance calorifique, trouvée par voie expérimentale, de celle qui se calcule d'après cette nouvelle méthode, 26 huiles montrent un écart variant de 0,5 à 1 pour 100; 10 huiles montrent un écart compris entre 1 et 2 pour 100 et seulement 2 huiles, un écart entre 2-2,80 pour 100.

Dans le même tableau sont indiquées les puissances calorifiques de ces huiles calculées d'après l'équation de Dulong

$$P_c = \frac{8080\,C + 34500(H - 1/80) + 2500\,S}{100}\,\text{cal},$$

qui donne toujours entre les puissances expérimentales et les puissances calculées un écart beaucoup plus grand que celui de la nouvelle méthode.

Il est curieux de noter que la puissance calorifique d'une huile est presque le carré du nombre de molécules-grammes d'oxygène nécessaire pour sa combustion.

	Poids spécifique.	Dosage pour 100. C.	H.	S.	O+N.	Mol. d'oxygène pour la combustion de 1kg d'huile.	Calories développées par mol. d'oxygène.	Puissance cal. expérimentale.	D'après l'équation de Dulong. Puissance calculée.	Écart (%).
Huiles de pétrole françaises de Pechelbronn.										
58. Huile brute sèche	0,908	86,0	12,0	0,8	1,2	101,9	103,1	10513	11074	5,3
49. Huile de pétrole	0,797	85,3	14,0	0,1	0,6	106,1	104,3	11070	11375	5,4
54. Huile de vaseline	0,892	86,8	12,6	0,6	0,0	103,9	103,9	10795	11725	5,9
Huiles de pétrole de Galicie.										
2. Huile pour moteurs Diesel	0,853	86,3	12,9	0,4	0,4	104,2	103,8	10818	11433	5,7
35. Huile pour moteurs Diesel	0,881	86,7	12,4	0,4	0,5	103,3	104,3	10756	11293	5,0
Huiles de pétrole de Roumanie.										
62. Huile brute	0,928	86,8	12,1	0,4	0,7	102,6	102,8	10550	11163	5,8
63. Huile pour moteurs Diesel	0,932	86,6	11,7	0,3	1,4	101,3	104,4	10581	11006	4,0
71. Huile pour moteurs Diesel	0,953	86,9	11,5	0,4	1,2	101,1	103,2	10438	10964	5,0
Huiles de pétrole de Russie.										
73. Huile brute	0,876	86,3	12,9	0,2	0,6	104,2	104,2	10857	11415	5,1
74. Huile spéciale pour Diesel	0,881	86,4	12,9	0,2	0,5	104,2	103,9	10826	11406	5,3
76. Huile de Bakou pour Diesel	0,953	87,5	11,3	0,4	0,8	101,2	103,0	10423	10951	5,3
Huiles de pétrole de l'Amérique du Nord.										
77. Gasoil d'Oklahoma	0,865	86,4	13,1	0,1	0,4	104,7	103,4	10825	11502	6,2
79. Gasoil du Texas	0,892	85,9	12,2	0,3	1,6	102,0	104,8	10689	11121	4,0
82. Huile brute de Californie	0,951	84,2	11,3	2,5	2,0	98,9	103,9	10278	10729	4,4
Huiles de pétrole d'autres pays.										
88. Huile brute de Mexico	0,940	83,8	11,3	3,8	1,1	99,0	104,2	10298	10730	4,2
94. Liquid fuel de Java	0,894	87,0	12,5	0,3	0,2	104,1	102,7	10693	11348	6,1
Huiles de goudron.										
128. Mines de Lens	1,071	91,4	6,7	0,5	1,4	93,0	102,2	9506	9674	1,8
146. Société du Gaz de Paris	1,080	90,3	6,5	0,6	2,6	91,3	102,4	9345	9484	1,5
Huiles de schiste et de lignite.										
115. Crued oil d'Écosse	0,942	86,4	9,8	0,7	3,1	98,2	101,3	9941	10310	3,7
110. De Messel pour moteurs	0,875	86,3	12,2	0,5	1,0	102,5	104,3	10690	11159	4,4
Huiles végétales.										
116. Huile d'arachide	0,916	77,3	11,8	0,1	10,8	92,1	103,0	9500	10080	6,1
117. Huile de palme d'Afrique	0,915	76,2	11,8	-	12,0	91,1	103,7	9445	9969	5,5

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'aimantation à chaud et de la cristallisation sur la forme des courbes thermomagnétiques*. Note [1] de MM. **A. Michel** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'analyse thermomagnétique a donné des renseignements tout particulièrement précis dans l'étude des composés du fer. Toutefois l'interprétation des courbes peut conduire à des erreurs si l'on ne tient pas compte de deux phénomènes qui modifient considérablement l'allure des courbes aimantation-température : l'aimantation à chaud et la cristallisation des corps étudiés.

L'aimantation à chaud a été signalée pour la première fois par Kotaro-Honda [2]; Forestier et Chaudron [3] ont trouvé de nombreux exemples de ce phénomène dans le groupe des ferrites. Cet effet prend toute son ampleur avec les corps ferromagnétiques durs dont la saturation est difficile à atteindre à la température ordinaire. Les courbes sont identiques, que le corps se présente en poudre, ou en aggloméral de grains liés par un ciment inerte.

Des cas typiques sont présentés par le sesquioxyde de fer rhomboédrique, par le ferrite de baryum (voir *fig*. 1), le ferrite de plomb (voir *fig*. 2). On observe sur ces courbes un accroissement irréversible de l'aimantation un peu avant le point de Curie (anomalie *a* sur les courbes de la figure); après refroidissement, le corps est doué d'une forte aimantation rémanente. Une seconde expérience donne une courbe parfaitement réversible. L'inversion du champ magnétique conduit pour ces corps à un type de courbe déjà décrit par Huggett [4] à propos du sesquioxyde de fer rhomboédrique.

Ces corps ne sont plus susceptibles de prendre l'aimantation à chaud lorsqu'ils ont été recuits aux températures suivantes : Fe^2O^3 rhomboédrique à 1250°, ferrites de baryum et de plomb vers 950°. Cet effet de stabilisation provoqué par le recuit semble bien suivre une diminution de l'affinité chimique; ces oxydes sont alors difficilement solubles dans les acides.

---

(1) Séance du 17 juin 1935.

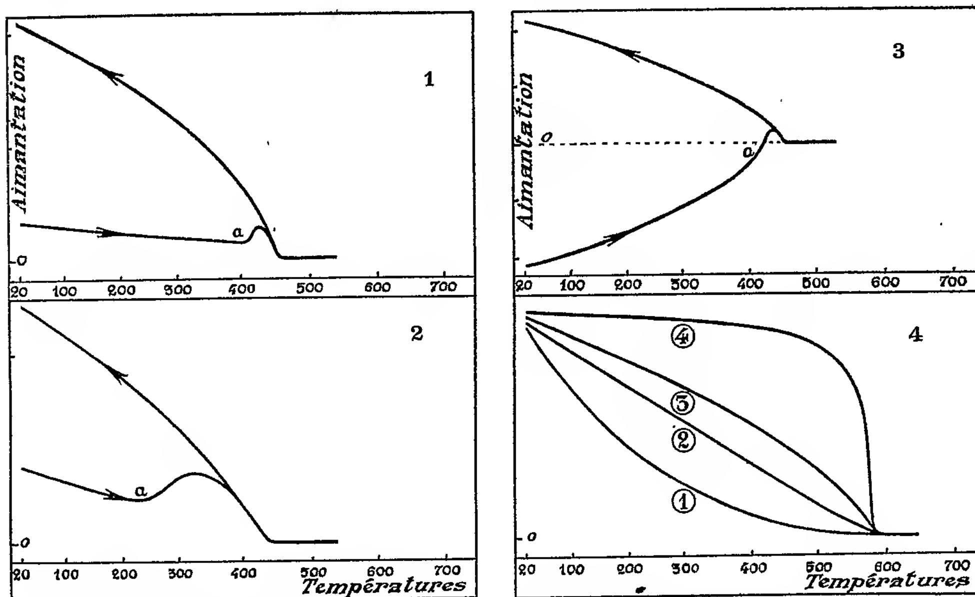
(2) *Magnetic properties of matter*, 1917, p. 214.

(3) *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 787; Forestier, *Thèse*, Paris 1928; *Ann. Chim.*, 10e série, 9, 1928, p. 57.

(4) *Thèse*, Paris 1928. *Ann. Chim.*, 10e série, 11, 1929, p. 447.

Un autre effet de la température de recuit se manifeste sur ces corps ferromagnétiques faibles : la désaimantation par chauffage au-dessus du point de Curie devient difficile puis impossible quand la température de traitement thermique arrive au voisinage de celle qui a été indiquée précédemment (¹).

Les corps ferromagnétiques forts (par exemple la magnétite, le sesquioxyde cubique, les ferrites de cuivre, de nickel et de cobalt) présentent



1, ferrite de baryum recuit 1 heure à 800°; 2, ferrite de plomb recuit 1 heure à 800°; 3, ferrite de baryum recuit 1 heure à 800°, ayant subi un chauffage dans le champ, après inversion du champ; 4, ferrite de nickel : 1, précipité; 2, recuit 10 minutes à 600°; 3, recuit 10 minutes à 700°; 4, fondu. Poids de l'échantillon : 200^{mg}. Une division en ordonnée correspond à la déviation obtenue dans le même champ magnétique pour 5^{mg} de magnétite cristallisée.

également le phénomène d'aimantation à chaud dans les champs faibles; la saturation est d'ailleurs rapidement atteinte quand la température s'élève.

La cristallisation modifie profondément la forme des courbes thermomagnétiques. Lorsqu'elle a lieu dans un court intervalle de température, il se produit une variation brusque de l'aimantation : c'est ce qui se passe pour le sesquioxyde de fer rhomboédrique à 400° et pour le sulfure de fer à 220°.

(¹) A. Michel et G. Chaudron, *C. R. Soc. chim. de France*, 10, 1935, p. 16.

Une cristallisation progressive, sous l'effet de la température, donne lieu à des courbes irréversibles jusqu'à ce que le phénomène soit achevé (*fig.* 4). Le ferrite de nickel, par exemple, se révèle aux rayons X microcristallisé : sa courbe thermomagnétique (*fig.* 4, courbe 1) tournant sa convexité vers l'axe des abscisses, est caractéristique d'un état de grande finesse; le recuit à des températures croissantes donne les courbes 2 et 3; la courbe thermomagnétique classique est obtenue lorsque le diagramme de rayons X donne des raies d'interférence bien nettes. Lorsque le ferrite a été fondu, apparaît la courbe 4; le ferrite est alors macrocristallisé.

On peut obtenir sur la magnétite précipitée, le sesquioxyde de fer cubique provenant de la décomposition des ferrites, des courbes analogues. Cet effet de la cristallisation provoque des déplacements apparents du point de Curie et il est nécessaire, si l'on veut identifier un corps d'après la température de cette anomalie, d'opérer sur un produit bien cristallisé.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la précipitation du titane en phosphate.* Note de MM. **Tcheng Da-Tchang** et **Li Houong**, présentée par M. Georges Urbain.

Le titane en solution acide peut être précipité par le phosphate d'ammonium à chaud. Mais les conditions de sa précipitation complète et la formule qu'il faut donner au précipité calciné n'ont jamais été établies de façon définitive.

Eric John Ericson (¹) a donné la formule $P^2O^8Ti^2$ au précipité calciné. Jamieson et Wrenshall (²) étudiant la précipitation de titane en solution chlorhydrique ont trouvé que cette formule s'applique généralement pour des acidités très faibles. Lundell et Knowles (³) précipitaient le sulfate de titane en solution acétique et appliquaient la formule $(PO^4)^4Ti^3$ au composé obtenu. Les résultats trouvés étaient toujours en défaut.

Nous avons repris cette étude en voulant préciser les conditions de précipitation (acidité, concentration de phosphate d'ammonium, etc.), et voir si l'on peut établir une méthode de dosage du titane.

Nous préparons d'abord une solution titrée de titane dans l'acide chlo-

(¹) *Iron Age*, 27, 1903, p. 4.
(²) *J. Ind. Eng. Chem.*, 6, 1914, p. 203.
(³) *J. Ind. Eng. Chem.*, 14, 1922, p. 1136.

rhydrique contenant une quantité connue d'acide. Le titre de cette solution est obtenu en déterminant le poids de TiO^2 précipité par l'ammoniaque d'un volume mesuré de solution. En ajoutant de l'eau ou de l'acide chlorhydrique, on peut faire varier l'acidité de la solution.

Pour chaque acidité (exprimée en grammes d'HCl contenus dans 100^{cm^3} de solution), nous avons fait plusieurs analyses. Les phosphates d'ammonium $PO^4H(NH^4)^2$ est ajouté en grand excès (sa quantité sera précisée dans la suite). La précipitation est faite à chaud au bain-marie. Le précipité de phosphate de titane se forme lentement. On le laisse déposer pendant 12 heures. Puis on filtre et lave d'abord par décantation avec une solution chaude de nitrate d'ammonium à 5 pour 100, finalement avec de l'eau distillée. Le précipité est séché, calciné d'abord en creuset fermé, puis ouvert, et pesé.

L'influence de l'acidité. — Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

Acidité HCl (%).	TiO^2 utilisé.	Phosphate de titane trouvé.	Coefficient $\frac{\text{oxyde}}{\text{phosphate}}$.	
1	0,1337	0,2556	0,5231	Moyenne : 0,5234
3	0,1337	0,2552	0,5235	
5	0,1337	0,2553	0,5233	
8	0,1337	0,2552	0,5235	
10	0,1764	0,3370	0,5235	
13	0,0882	0,1676	0,5262	
15	0,0882	0,1670	0,5281	
20	0,0882	0,1610	0,5478	

Pour chaque expérience, on calcule le coefficient de conversion du phosphate en oxyde. On voit que pour des acidités inférieures à 10 pour 100 ce coefficient reste constant, et a une valeur moyenne égale à 0,5243. La précipitation du titane est alors complète. On peut d'ailleurs vérifier ce point en constatant que, dans le filtrat, la présence du titane n'est pas décelable par l'eau oxygénée.

Si le phosphate de titane obtenu avait pour formule $P^2O^8Ti^2$, le coefficient de conversion en oxyde serait égal à 0,506 ; s'il correspondait à la formule $(PO^4)^4Ti^3$, le coefficient devrait être 0,458. Les résultats que nous avons obtenus montrent qu'aucune de ces formules ne convient. Mais pour le dosage, on peut appliquer le coefficient pratique 0,5234 pour avoir le poids de TiO^2 correspondant au phosphate de titane trouvé.

Influence de la concentration de phosphate d'ammonium. — Pour précipiter complètement le titane, il faut que la concentration de phosphate d'ammonium dans la solution soit au moins égale à 10 pour 100, et que la quantité du précipitant ajoutée soit telle que, pour une molécule de TiO^2, il y ait plus de 100 molécules de $PO^4H(NH^4)^2$. Cependant, pour les acidités faibles (comprises entre 1 et 5 pour 100), on peut employer moins de phosphate.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Nouvelle méthode d'étude des complexes.* Note [1] de M. **Clément Duval**, présentée par M. Georges Urbain.

Nous avons indiqué [2] comment la migration des ions sous l'action du champ électrique avait permis de préciser la nature de quelques colorations fournies par le chlorure cobalteux; nous nous proposons de montrer quelles généralisations peuvent en être tirées.

L'opération est différente de l'électrophorèse et de l'électrolyse proprement dite.

Un tube en U, du genre utilisé par Coehn [3] mais possédant ses deux robinets parallèles, contient, à sa base, la substance soluble et électrolyte dont on cherche la structure. Le remplissage est fait jusqu'au niveau des deux robinets *bien dégraissés* qui restent *fermés* dans toute la suite. Après rinçage soigné des branches, celles-ci sont remplies d'un électrolyte convenable dont la nature est fixée dans chaque cas particulier, par la nature des ions que l'on veut déceler. Deux électrodes affleurent le liquide de chaque branche et sont mises en communication avec le secteur continu à 110 volts. Dans un modèle plus récent, j'ai soudé une troisième branche, sans robinet, à la courbure du tube. Outre la facilité de manœuvre de l'appareil, il y a possibilité d'ajouter un liquide bien choisi, sans arrêter l'opération, ce qui peut donner des résultats qualitatifs sur la marche des ions. La durée de passage du courant varie de 10 minutes à 4 heures. La méthode s'applique aussi bien aux substances colorées qu'aux substances incolores. Dans ce dernier cas, on peut ajouter dans les branches, un corps susceptible de développer une coloration avec l'un des ions ayant franchi le boisseau du robinet (eau oxygénée dans le cas de la solution chlorhydrique de chlorure titanique). Il y a quatre conditions à prendre : 1° s'assurer que la substance étudiée n'est pas colloïdale; 2° éviter l'addition d'un réactif précipitant dans les branches, ce qui rendrait difficile le fonctionnement ultérieur des robinets; 3° couper le courant bien avant que les ions, ayant franchi les boisseaux, atteignent les électrodes; 4° véri-

(1) Séance du 17 juin 1935.

(2) Clément Duval, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 934.

(3) *Zeits. für Elektroch.*, 15, 1909, p. 653.

fier, avant tout fonctionnement d'un appareil neuf, que les robinets ne laissent pas diffuser les liquides. Pour cela, on place de l'eau pure dans la partie inférieure de l'appareil et de l'acide chlorhydrique dans les branches. Au bout de 24 heures, et en l'absence de tout champ électrique, on ne doit pas déceler la présence de chlore dans la partie courbe.

Dans tous les cas, le contenu des branches est transvasé dans des tubes à essais où les analyses qualitatives et quantitatives peuvent être faites à loisir.

Quand on connaît déjà la formule brute de la substance et quand, d'autre part, un même ion n'a pas cheminé dans les deux branches, une mesure qualitative suffit. Ainsi Spacu et Popper ([1]) ont montré que le chlorure cuivrique et le chlorure de cadmium donnent un complexe qui doit posséder l'une des formules $[CuCl^4]Cd$ ou $[CdCl^4]Cu$. L'expérience indique que tout le cuivre va du côté cathodique tandis que le cadmium et le chlore se dirigent vers l'anode. La seconde formule est donc seule acceptable, dans les conditions de concentration où nous avons opéré.

Dans le même ordre d'idées, la méthode permet de distinguer entre un sel double ou un complexe. La kaïnite, par exemple, écrite jusqu'ici SO^4Mg, ClK, $3H^2O$, doit être figurée $[MgClSO^4(H^2O)^3]K$, puisque, seul le potassium se dirige vers la branche cathodique. Nous nous sommes assuré, par une méthode de conductibilité que la kaïnite est bien un éléctrolyte binaire.

Le constituant de la liqueur sulfo-chromique est un acide de formule $[CrO^3SO^4]H^2$ qui a pu être isolé sous forme solide et qui devient intermédiaire entre l'acide pyrosulfurique $[SO^3SO^4]H^2$ et l'acide bichromique $[CrO^3CrO^4]H^2$.

On peut suivre les progrès de l'hydrolyse d'une substance; ainsi, l'alun est un aluminosulfate sous forte concentration mais devient un sel d'aluminium quand on dilue sa solution. Dans certains cas, il nous a été permis d'analyser une substance plus complètement que par la méthode Raman, surtout lorsqu'un même corps se trouve dans la solution sous forme d'anion complexe et de cathion simple.

Les essais quantitatifs doivent être utilisés dans ce dernier cas, ou bien, quand la formule globale est inconnue. On a recours à la colorimétrie, à la micro ou à la semi-micro-analyse ou, enfin, aux dosages par conductibilité. Il ne s'agit pas de comparer les chiffres trouvés dans les deux branches

---

([1]) *Bull. Soc. stiinte Cluj.*, 8, 1934, p. 128.

car l'anion et le cathion ont, en général, des vitesses différentes. Il peut être simplement intéressant d'obtenir le rapport des constituants apparus dans chaque branche. Ainsi, la « solution » de chlorure d'argent dans l'ammoniaque, donne à la cathode, des ions où figurent seulement de l'argent et de l'ammoniac dans le rapport $Ag/2NH^3$. Il y a là le moyen de confirmer la formule $Cl[Ag(NH^3)^2]$ soupçonnée par d'autres méthodes.

Les quelque 170 résultats obtenus jusqu'à ce jour, soit seul, soit en collaboration, seront publiés ailleurs. La méthode nous a paru la plus plausible pour déceler entre l'eau de constitution et l'eau de cristallisation, pour élucider la constitution des composés organo-magnésiens et pour fixer la nature des colorations variées fournies par le chlorure ferrique et les corps à fonction phénolique. De plus, nous avons reconnu la justesse des prévisions de M. G. Urbain [1] qui s'exprimait ainsi dès 1929 : « il semble bien que toute combinaison moléculaire, qu'elle soit robuste ou fragile peut (je dirai même doit) être désignée du nom de complexe ». En fait le nombre de sels doubles et d'hydrates que nous avons rencontrés est extrêmement minime; on ne peut même plus citer les exemples classiques de la série magnésienne. Jusqu'ici, pour reconnaître un complexe, on s'empressait de le détruire par des réactifs chimiques. La présente méthode est beaucoup plus douce et fait, des anciens complexes imparfaits, des complexes tout court.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'acétobromure de plomb.*

Note de M. **Edmond Grillot**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

J'ai montré [2] l'existence d'un acétochlorure de plomb, dont la formule de constitution est $Cl[Pb^2(CH^3CO^2)^3],3/2H^2O$. C'est à la formation de ce composé qu'est due la plus grande solubilité du chlorure de plomb dans les solutions aqueuses d'acétate de plomb que dans l'eau pure. Ce composé est facilement hydrolysé : en mélangeant des solutions neutres froides d'acétate et de chlorure de plomb, il apparaît immédiatement un précipité blanc de chlorure basique de plomb ClOHPb.

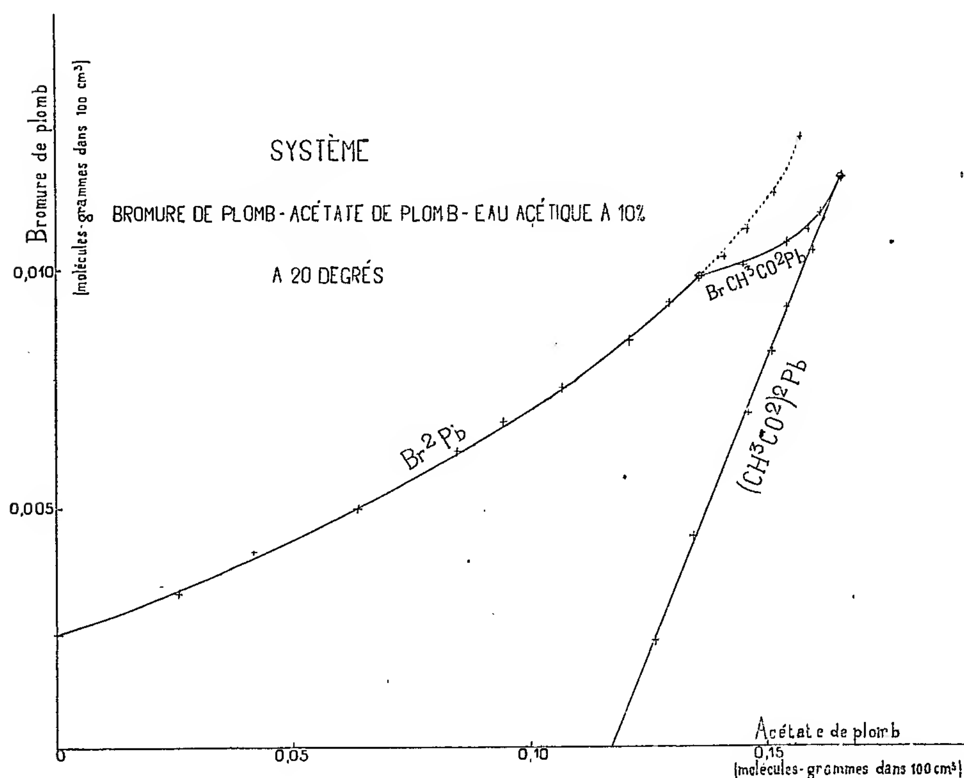
Ayant observé les mêmes phénomènes avec le bromure de plomb, j'ai pensé qu'ils devaient être attribués à la formation d'un acétobromure de

(1) *L'hydrolyse des sels complexes.* Conférence faite devant la Société chimique de France le 22 mars 1929, 45, p. 562.

(2) *Comptes rendus,* 199, 1934, p. 1049.

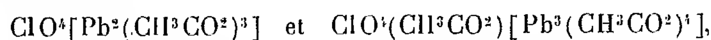
plomb analogue. L'hydrolyse est évitée quand on utilise comme milieu solvant une solution contenant au minimum 7 pour 100 d'acide acétique.

J'ai fait varier les proportions de bromure de plomb et d'acétate de plomb en maintenant constant le nombre de molécules-grammes de sels mis en œuvre pour un même volume de solvant. Dans une solution contenant 7 pour 100 d'acide acétique, la teneur en brome de la solution est maximum pour un rapport moléculaire de l'acé-



tate au bromure égal à 5. Par contre, avec 10 pour 100 d'acide acétique, ce maximum s'obtient pour la valeur 3 du même rapport.

On ne parvient pas à isoler les acétobromures correspondant à ces rapports, en faisant cristalliser par refroidissement, des solutions d'acétate et de bromure de plomb. La double décomposition au moyen de bromure de potassium, des acétoperchlorates de plomb de formules



$$ClO^4[Pb^2(CH^3CO^2)^3] \quad \text{et} \quad ClO^4(CH^3CO^2)[Pb^3(CH^3CO^2)^4],$$

décrits par Weinland et Stroh [1], ne permet pas non plus de les obtenir.

---

(1) *Ber. d. chem. Ges.*, 55, 1922, p. 2706.

Dans tous les cas, il ne se forme qu'un seul acétobromure de plomb, blanc rosâtre, restant facilement en sursaturation et ne cristallisant que lentement, qui répond à la formule brute $Br(CH^3CO^2)Pb$ [Pb : 60,10 pour 100 (calculé 59,87 pour 100); Br : 23,02 pour 100 (calculé 23,09 pour 100); radicaux acétiques : 16,92 pour 100 (calculé 17,04 p. 100)]. L'étude du système acétate de plomb, bromure de plomb, eau acétique, à 20° montre que la phase solide ne contient qu'un ou deux des trois corps suivants : acétate de plomb, bromure de plomb, acétobromure de plomb décrit plus haut (figure).

Il serait prématuré d'attribuer à l'acétobromure de plomb une formule de constitution. Son identité avec le sel de même formule préparé par Carius ([1]), par double décomposition en tube scellé entre l'acétate de plomb et un bromure d'alcoyle, n'est pas certaine. D'autre part il n'a pas été possible de relier sa constitution à celle d'un composé déjà connu.

Toutefois il est bien établi qu'il ne s'agit pas d'un sel double, mais d'une combinaison complexe. En effet l'hydrolyse dans l'eau pure fait apparaître du bromure basique de plomb, blanc, insoluble dans l'eau, de formule BrOHPb [Pb : 68,45 pour 100 (calculé 68,14 pour 100); Br : 26,17 pour 100 (calculé 26,28 pour 100)], en tous points semblable au chlorure basique de plomb obtenu par hydrolyse de l'acétochlorure de plomb. Cette réaction est équilibrée et, par évaporation de l'acide acétique, à partir d'une solution d'acétobromure de plomb, on précipite la totalité du plomb.

Les caractères de cette hydrolyse diffèrent nettement de ceux de l'hydrolyse du bromure de plomb. Cette dernière réaction (comme celle obtenue avec le chlorure de plomb) ne se produit qu'en tube scellé, à une température supérieure à 100°, lentement, le milieu restant constamment neutre, en raison de l'attaque du verre, dont les alcalis neutralisent l'acide libéré. Au contraire l'hydrolyse de l'acétobromure de plomb (comme celle de l'acétochlorure de plomb) est immédiate dès la température ordinaire. L'alcalinité du verre ne joue ici aucun rôle, puisqu'il y a libération d'une quantité très importante d'acide acétique.

([1]) *Liebigs Ann.*, **125**, 1863, p. 88.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la vapeur d'eau sur quelques fluorures métalliques.* Note (1) de M. L. **Domange**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Nous avons exposé (2) une méthode et décrit un appareillage susceptibles de nous permettre d'étudier l'action réversible de la vapeur d'eau sur les fluorures métalliques.

Les résultats que nous publions aujourd'hui sont relatifs aux fluorures d'argent FAg, de zinc F^2Zn, de plomb divalent F^2Pb.

Fluorure d'argent. — Ce fluorure est préparé par la méthode de Gore (3).

Le produit obtenu, de couleur jaune, donne à l'analyse une teneur en argent de 84,2 pour 100 (théorie 85,02 pour 100).

Les résultats sont les suivants :

Temp. 200° C. :	V(cm³/m)	11	7,65	6,85	0
»	FH(%) en vol	2,87	2,85	2,84	3
Temp. 300° C. :	V(cm³/m)	11,7	6,8	4,85	0
»	FH(%) en vol	11,8	11,3	12	12
Temp. 350° C. :	V(cm³/m)	12,2	9,55	5	0
»	FH(%) en vol	19,7	18,5	20,2	20
Temp. 400° C. :	V(cm³/m)	10,5	8,45	7,3	0
»	FH(%) en vol	40,8	39,1	41,5	41,5

V(cm³/m) est la vitesse du courant de vapeur d'eau envoyée sur le fluorure; elle est exprimée en centimètres cubes par minute.

Le résidu est constitué par de l'argent pur. On n'a pas, à vrai dire, un équilibre réversible puisque l'argent n'est pas attaqué par l'acide fluorhydrique dans les conditions de l'expérience.

Fluorure de zinc. — Du carbonate de zinc précipité pur est dissous dans une solution d'acide fluorhydrique, la liqueur est évaporée à sec dans une capsule d'argent. Le produit blanc ainsi préparé contient 63 pour 100 de zinc dosé à l'état d'oxyde (théorie : 63,25 pour 100). L'action de la vapeur d'eau nous donne les chiffres suivants :

(1) Séance du 17 juin 1935.

(2) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 239.

(3) Moissan, *Le fluor et ses composés*, Paris, 1900, p. 213, et *Chem. News*, 23, 1871, p. 13.

Temp. 400° C. :	V (cm³/m)....	16,6	10,5	7,4	6,3	5,3	0
»	FH (%) en vol.	7,3	8,1	8,95	7,75	8	8,5
Temp. 500° C. :	V (cm³/m)....	13,6	12,5	6,45	4,9	–	0
»	FH (%) en vol.	23,5	22,9	23,8	24,7	–	25
Temp. 550° C. :	V (cm³/m)....	13,3	10,9	8,75	6,5	5,6	0
»	FH (%) en vol.	38,2	36,8	37,7	37,2	38	38
Temp. 600° C. :	V (cm³/m)....	13,75	13,65	8,25	5,85	–	0
»	FH (%) en vol.	51,2	52,5	52,1	52,8	–	52,5
Temp. 650° C. :	V (cm³/m)....	12,8	10	8	6,3	–	0
»	FH (%) en vol.	64,7	63,5	66,5	66	–	66

Le résidu est de l'oxyde de zinc; à l'analyse il contient 79,9 pour 100 de zinc pesé en oxyde (théorie : 80,34).

Nous avons ici un équilibre et la relation exprimant la chaleur de réaction à pression constante :

$$Q_p \text{ cal.} = (\operatorname{Log} K'_p - \operatorname{Log} K_p) \frac{T.T'}{T - T'} \cdot \frac{R}{J}$$

nous donne, entre 525° et 625°, $Q_p = -25930^{\text{cal}}$.

Fluorure de plomb. — Le fluorure de plomb se prépare par double décomposition entre une solution de nitrate de plomb et une solution de fluorure de potassium. A l'analyse le sel blanc ainsi précipité contient 84,35 pour 100 de plomb dosé en sulfate (théorie : 84,5 pour 100). L'expérience nous donne les chiffres ci-dessous :

Temp. 500° C. :	V (cm³/m)........	11,6	7,95	5,9	–	0
»	: FH (%) en vol...	2,61	2,78	2,6	–	2,8
Temp. 600° C. :	V (cm³/m)........	12,3	11,7	7	6,85	0
»	: FH (%) en vol...	8,75	9,1	8,7	9,2	9,5
Temp. 650° C. :	V (cm³/m)........	12,2	9,95	6,2	–	0
»	: FH (%) en vol...	16,6	15,7	16,9	–	16,5
Temp. 700° C. :	V (cm³/m)........	11,25	10,5	7	6,7	0
»	: FH (%) en vol...	25	25,7	26,2	25,6	26
Temp. 750° C. :	V (cm³/m)........	16	14	7,5	–	0
»	: FH (%) en vol...	37,4	37,1	38	–	38

Le résidu forme une masse blanche compacte ayant subi une fusion. D'après Berzélius, l'action de la vapeur d'eau donne un oxyfluorure. L'analyse donne de 86,35 à 87,02 % de plomb, alors que l'oxyde OPb en contient 92,83. Ce résultat montre la présence de fluorure de plomb non attaqué, ce qui s'explique par le fait que le contenu de la nacelle étant fondu la surface offerte à la vapeur d'eau est considérablement réduite. La

transformation complète en oxyde ne serait possible qu'en envoyant un très grand excès de vapeur d'eau.

D'autre part, l'étude systématique du mélange oxyde de plomb-fluorure de plomb a été faite par Sandonnini ([1]). Cet auteur n'a jamais observé de combinaison définie correspondant à un oxyfluorure. On peut donc dire que l'action de la vapeur conduit à l'oxyde O Pb.

La chaleur de réaction à pression constante calculée à partir de nos expériences entre 625° et 725° est : $Q_p = -37200^{cal}$.

D'autres fluorures sont actuellement à l'étude.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de l'orthophosphate ferrique anhydre.* Note ([2]) de M. **Paul Brasseur**, présentée par M. Georges Urbain.

L'existence de l'orthophosphate ferrique anhydre n'a pas été directement affirmée.

L'étude du système P^2O^5, Fe^2O^3,. H^2O effectué par F. Cameron et J.-M. Bell ([3]) par S.-R. Caster et H. Hartshorne ([4]), montre l'existence d'orthophosphates ferriques hydratés amorphes qu'on ne peut séparer par lavage sans décomposition.

La précipitation par double décomposition entre un phosphate alcalin mono ou dimétallique et un sel ferrique en solution aqueuse ne donne que des précipités gélatineux dont la composition est variable autour de PO^4Fe, nH^2O [voir P. Jolibois et L. Cloutier ([5])]. A 800°, l'eau est éliminée et la masse obtenue est rouge ou blanc jaunâtre. Examinée aux rayons X par la méthode des poudres elle se montre cristallisée; on obtient des diagrammes de mélanges. Les produits rouges correspondent aux compositions basiques et les blancs aux compositions acides.

Cette Note résume notre étude systématique de la variation des diagrammes de rayons X et de l'aspect de masses dont la composition représentée par le rapport P^2O^5/Fe^2O^3 varie régulièrement.

Nous avons pensé que le mélange connu des solutions d'alun de fer et d'ammonium et de phosphate d'ammonium, préalablement titrées, éva-

---

([1]) *Atti. Accad. Lincei*, 1914, 5e série, **23**, I, p. 962.

([2]) Séance du 17 juin 1935.

([3]) *Journal of physical Chemistry*, **11**, 1907, p. 366.

([4]) *American Journal of the Chemical Society*, **122**, 1923, p. 2223.

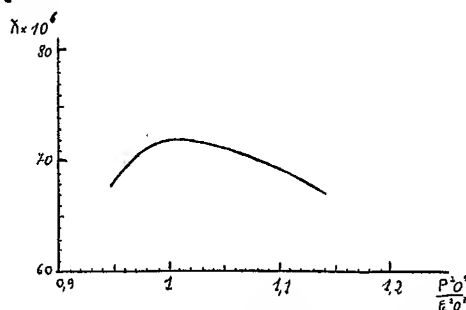
([5]) *Annales de Chimie*, **19**, 1933, p. 55.

porées à sec, puis chauffées progressivement à 800° devait conduire, par départ des sels ammoniacaux, aux mélanges désirés, c'est ce qui a été obtenu.

Le départ des sels ammoniacaux devant entraîner le SO^3 et éviter la formation de sulfates basiques.

Par chauffage de la surface, l'évaporation est régulière et sans projection. On termine par calcination au four électrique à 800°.

Vérifications. — La pesée de la capsule, préalablement tarée, montre



Variation de la susceptibilité magnétique en fonction de la composition.

qu'il y reste exactement les quantités de P^2O^5 et de Fe^2O^3 que l'on peut calculer en partant des volumes des solutions initiales titrées. Le produit obtenu, dissous dans un acide, montre l'absence de sulfate basique. Ce même produit, dissous dans l'acide sulfurique puis traité par la soude, montre l'absence d'ammoniaque.

Nous avons préparé ainsi une série de mélanges dont la composition connue varie aussi lentement que l'on veut.

Constatations. — 1° Tous les phosphates pour lesquels le rapport P^2O^5/Fe^2O^3 est $\geqq 1$ (neutres ou acides) sont blancs d'aspect homogène et micro-cristallins au microscope.

2° Tous les phosphates pour lesquels on a $P^2O^5/Fe^2O^3 < 1$ (basiques) sont roses ou rouges; au microscope on voit une masse jaunâtre parsemée de points rouges d'autant plus nombreux que la couleur est plus foncée.

3° Aux rayons X, tous les phosphates voisins de $P^2O^5/Fe^2O^3 = 1$ donnent le même diagramme.

Quand on s'écarte de la valeur 1 pour le rapport P^2O^5/Fe^2O^3, on voit apparaître d'autres raies; si P^2O^5/Fe^2O^3 est plus petit que 1 (par exemple 0,06), on voit nettement les lignes de Fe^2O^3; ces lignes sont encore visibles pour $P^2O^5/Fe^2O^3 = 0,9$.

Si P^2O^5/Fe^2O^3 est plus grand que 1 (par exemple 1,18) on distingue des lignes propres à un phosphate plus acide (le pyrophosphate).

4° L'étude du magnétisme montre l'existence d'un maximum du coefficient de susceptibilité magnétique pour PO^4Fe, avec une diminution de part et d'autre aussi bien vers $P^2O^5/Fe^2O^3 > 1$ que pour $P^2O^5/Fe^2O^3 < 1$.

Conclusions. — Le phosphate de fer anhydre PO^4Fe existe bien; il peut être obtenu aussi pur qu'on le désire par la combinaison des constituants à l'état naissant provenant de solutions d'alun ferrique ammoniacal et de phosphate d'ammonium. Il est microcristallin, blanc; son coefficient de susceptibilité magnétique mesuré à la balance Curie-Cheneveau $\chi = 72 \times 10^{-6}$, le sel de Mohr étant pris comme corps de comparaison avec $\chi = 29,8 \times 10^{-6}$. Le point de fusion est voisin de 1000°.

Il n'a pas été trouvé de phosphates basiques anhydres, mais seulement des mélanges de PO^4Fe et Fe^2O^3; l'oxyde de fer insoluble dans le phosphate se sépare nettement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Mécanisme de la réaction de l'ammoniac liquide sur le pentachlorure de tantale.* Note de MM. **Henri Moureu** et **Clément Hamblet**, présentée par M. Delépine.

Les halogénures d'éléments appartenant aux 4e et 5e groupes de la classification périodique réagissent en général avec l'ammoniac liquéfié en conduisant à des composés azotés, dans lesquels les atomes halogènes sont substitués par des groupements amidés ou imidés. Un exemple particulièrement net se trouve constitué par le pentachlorure de phosphore qui a fait l'objet d'une étude antérieure [1]. Au contraire les halogénures des éléments présentant un caractère électropositif prononcé fixent simplement l'ammoniac en conduisant à des ammines. Les expériences ci-dessous montrent que chez un élément de transition, tel que le tantale, les deux réactions précédentes prennent simultanément naissance : on observe à la fois une substitution partielle d'atomes halogènes et la formation d'ammine.

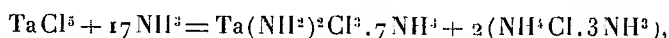
Composé primaire $Ta(NH^2)^2Cl^3 . 7NH^3$. — En faisant réagir à l'abri de l'humidité sur le pentachlorure $TaCl^5$ l'ammoniac liquéfié, à une température voisine de son point d'ébullition, on observe une dissolution presque

---

(1) H. Moureu et P. Rocquet, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1407.

complète du composé solide, tandis que la solution prend une teinte jaune verdâtre. Le résidu solide, obtenu après avoir chassé à basse température l'excès d'ammoniac, continue à perdre spontanément de l'ammoniac; il est constitué par deux espèces cristallines différentes, l'une jaune, l'autre incolore, cette dernière paraissant être du chlorure d'ammonium. Pour vérifier le fait et déterminer exactement la quantité de chlorure d'ammonium formé, il suffit d'effectuer à une température donnée des mesures de pression gazeuse. On observe ainsi, à 0°, une tension fixe d'ammoniac correspondant sensiblement à celle du composé $NH^4Cl.3NH^3$. La quantité totale de gaz ammoniac recueilli dans ces conditions est de 6^{mol} (trouvé 6,3, 6,0). Ceci prouve que, pour une molécule de pentachlorure $TaCl^5$ initial, le résidu solide formé après action de l'ammoniac liquéfié contient à l'état libre 2^{mol} de chlorure d'ammonium et que, par suite, deux atomes de chlore seulement sur les cinq primitivement fixés au noyau du tantale ont été substitués.

En tenant compte, par ailleurs, de la quantité totale de gaz ammoniac abandonnée par le produit à la température ordinaire, et de l'augmentation de poids par rapport à la masse de pentachlorure $TaCl^5$ mis en œuvre, on trouve que 17^{mol} d'ammoniac (trouvé : 17,2; 17,2; 16,9; 17,2) ont effectivement réagi initialement avec le chlorure $TaCl^5$. La réaction précédente doit donc s'écrire



$$TaCl^5 + 17NH^3 = Ta(NH^2)^2Cl^3.7NH^3 + 2(NH^4Cl.3NH^3),$$

ce que viennent d'ailleurs confirmer les expériences ci-après.

Trichlorodiamidure de tantale $Ta(NH^2)^2Cl^3$. — Si, après dissociation de l'ammoniacate $NH^4Cl.3NH^3$, l'on soumet à l'action progressive de la chaleur dans le vide (0,1 à 1^{mm}) l'ensemble des composés issus de la transformation précédente, on observe un dégagement gazeux continu. Les gaz recueillis et mesurés sont exclusivement constitués par de l'ammoniac. En même temps, vers 120°, le chlorure d'ammonium formé précédemment se sublime et vient se condenser dans les parties froides de l'appareil. A 170° l'ammoniac cesse de se dégager et l'on observe un départ d'acide chlorhydrique, ce qui marque le début d'une nouvelle réaction.

A ce moment la quantité totale d'azote restée fixée sur les composés solides demeurés dans l'appareil correspond à 4^{mol} d'ammoniac (trouvé 4,3 par mesure de dégagement gazeux; 4,2 par variation de poids); deux de ces molécules doivent être affectées au chlorure d'ammonium qui s'est séparé par sublimation (trouvé 2,04 par pesée directe; 2,05 par analyse);

deux atomes d'azote sont donc encore liés au tantale, tandis que sept autres ont été éliminés à l'état de gaz ammoniac. La constitution probable du dérivé tantalique ainsi formé est donc celle d'un trichlorodiamidure de tantale $Ta(NH^2)^2Cl^3$, en bon accord avec les résultats analytiques effectivement obtenus (trouvé : Ta, 56,5; N, 8,9; Cl, 32,9; calculé : Ta, 56,74; N. 8,76; Cl, 33,25).

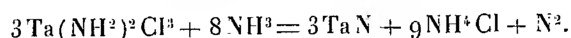
La formation du composé précédent donne donc toute vraisemblance à l'existence d'un ammoniacate primaire, se décomposant suivant le processus



$$Ta(NH^2)^2Cl^3.7NH^3 = Ta(NH^2)^2Cl^3 + 7NH^3.$$

Le trichlorodiamidure de tantale est un composé coloré en jaune présentant deux caractères essentiels. Il est très sensible à l'action de l'humidité qui l'attaque profondément en le transformant en acide tantalique. Il présente par ailleurs une grande stabilité vis-à-vis de la chaleur.

C'est ainsi que, même par chauffage dans le vide vers 500° pendant un mois, le produit, qui subit un mode de décomposition fort complexe contient encore 7 pour 100 environ de son poids en chlore. A 450°, dans un courant de gaz ammoniac sec, on observe un départ lent et continu de chlorure d'ammonium pendant des semaines. A température plus élevée (1100°) la transformation est plus rapide; elle conduit directement au mononitrure TaN



$$3Ta(NH^2)^2Cl^3 + 8NH^3 = 3TaN + 9NH^4Cl + N^2.$$

L'ensemble des réactions qui viennent d'être indiquées suffisent à montrer que le chlorure $TaCl^5$ possède deux atomes de chlore jouissant d'une mobilité particulière, tandis que les trois autres paraissent fortement liés au noyau du tantale. De nouvelles expériences sont en cours en vue d'essayer d'interpréter ces résultats.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Moments électriques des chlorosulfites d'isobutyle, d'isopropyle et de phényle.* Note de M. **Pierre Trunel**, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons indiqué [1] que les chlorosulfites d'alcoyle primaire à chaîne normale R—O—SO—Cl possèdent des moments électriques voisins de 2,70 Debyes à 25°, et nous en avons conclu que ces moments ne dépendent pas du nombre d'atomes de carbone du radical alcoyle..

---

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 557.

Nous avons effectué la préparation et mesuré les moments des chlorosulfites d'isobutyle, de propyle secondaire et de phényle. En employant les mêmes notations que précédemment, les résultats des mesures en solution benzénique ont été les suivants :

Nature du radical.	$n_d^{25°}$.	$d_{4°}^{25°}$.	RMD.	$P_{25°}$.	$P_{45°}$.	μ en Debyes à 25°.	μ en Debyes à 45°.
Isobutyle............	1,4531	1,152	36,73	182,8	176	2,66	2,68
Propyle secondaire....	1,4480	1,187	32,14	197,5	186,7	2,83	2,82
Phényle......	1,5583	1,349	42,19	164,1	158	2,43	2,44

Les valeurs trouvées pour le chlorosulfite d'isobutyle permettent de conclure, ainsi qu'il fallait s'y attendre, que la ramification du radical n'influe que très peu sur le moment résultant.

Dans le cas du chlorosulfite secondaire en C^3, la différence avec le moment observable dans le cas des radicaux primaires normaux est beaucoup plus marquée. Les alcools primaires et secondaires possédant des moments identiques, il peut paraître étonnant qu'il y ait une différence entre les moments de leurs chlorosulfites. L'explication la plus simple semble être que les radicaux primaires et secondaires agissent d'une manière différente sur la libre rotation du reste de la molécule O — SO — Cl.

La différence entre les moments des chlorosulfites d'alcoyle primaire (2,70 D) et celui du chlorosulfite de phényle (2,43 D) est plus importante encore. Or cette différence (0,27 D) est de l'ordre de grandeur de celle (0,25 D environ) qui mesure la différence entre les moments partiels des radicaux C^6H^5 — O et C^2H^5 — O, moments calculés à partir des moments des alcools et du phénol, en en retranchant vectoriellement le moment attribuable à la liaison O — H. Il n'est donc pas possible de savoir si le remplacement d'un radical alcoyle par un radical phényle influe ou non sur l'état de rotation du gronpement O — SO — Cl, puisque la différence observée entre les moments des chlorosulfites correspondants peut être due, soit au simple remplacement d'un radical alcoyle par un radical phényle sans modification du reste de la molécule, soit à l'ensemble de ces deux causes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse de dérivés hydrophénanthréniques et de carbures phénanthréniques.* Note de MM. **G. Darzens** et **André Lévy**, présentée par Marcel Delépine.

L'importance biologique considérable du noyau phénanthrénique qui se retrouve dans les alcaloïdes, les hormones et les corps carcinogènes nous a

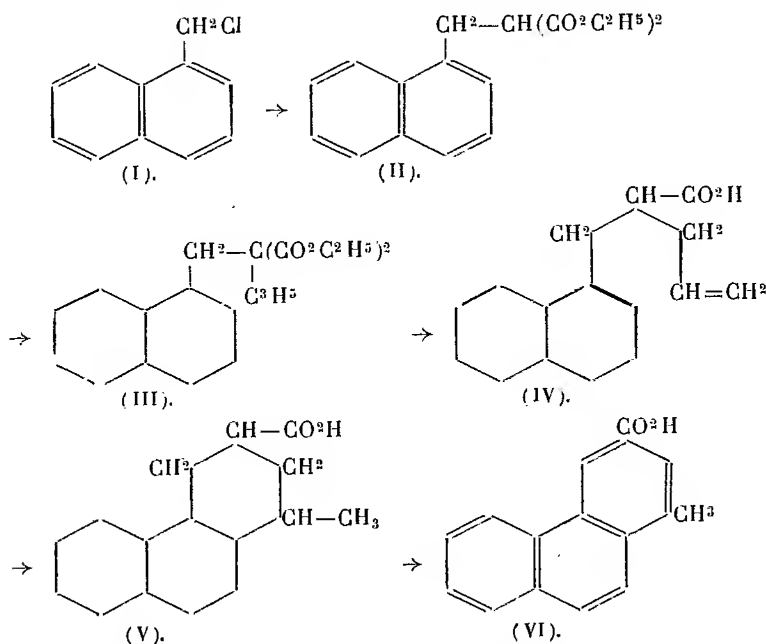
amenés à rechercher si la méthode générale de synthèse naphtalénique par cyclisation des acides allyl-benzyl-acétiques publiée par l'un de nous [1] pouvait être généralisée au noyau phénanthrénique.

L'expérience a confirmé cette supposition et il en résulte une nouvelle méthode générale de synthèse de ce groupe important de corps. Nous donnons ici les premiers résultats de ces recherches.

Le point de départ a été le naphtalène α-chlorométhylénique I préparé d'après la méthode de Blanc dont nous avons pu améliorer les rendements grâce à une modification de technique qui sera publiée ailleurs.

Ce dérivé chlorométhylinique a ensuite été condensé avec l'ester malonique et l'ester α-naphtyle-méthyl-maltonique II ainsi obtenu a ensuite été allylé suivant la technique habituelle de manière à obtenir l'ester allylé correspondant III.

Par saponification de cet ester puis décomposition de l'acide correspondant nous avons enfin obtenu l'acide α-naphtyl-méthyl-allyl-acétique IV.



Cet acide, traité pendant 48 heures à 50° par trois fois son poids d'un mélange à parties égales d'acide sulfurique et acétique, se cyclise pour

[1] G. Darzens, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 748.

donner l'acide 1-méthyl-3-curboxytétrahydrophénanthrénique (V), avec formation simultanée d'une lactone isomère comme cela s'observe dans les cyclisations du même genre dans la série naphtalénique. Ce dernier acide se déshydrogène facilement par l'action du soufre à 265° pour donner l'acide méthylphénanthrénique (VI) et ce dernier donne enfin le 1-méthyl-phénanthrène

L'éther naphtyl-méthyl-malonique II avait déjà été préparé par F. Mayer et A. Siegletz (¹) qui le décrit liquide, nous l'avons obtenu cristallisé et fondant à 32°. Quant à l'éther allylé III il distille à 209° sous 2^{mm} et fond à 28°, l'acide malonique correspondant est un liquide très visqueux qui se décompose vers 185°-190° pour donner l'acide naphtyl-méthyl-allyl-acétique IV qui fond à 73°,5.

L'acide méthyl-tétrahydrophénanthrénique V fond à 157° et la lactone isomère fond à 98°. Quand à l'acide 1-méthyl-phénanthrénique VI, il fond à 241° et se décompose vers 400°-420° en présence de 10 pour 100 de poudre de cuivre pour donner le 1-méthyl-phénanthrène.

Ce méthyl-phénanthrène fond à 123°,5, son picrate à 138° et son styphnate à 148°,5 la quinone correspondante obtenue par oxydation chromique fond à 195°,5. Ces constantes permettent de l'identifier avec le méthyl-phénanthrène déjà obtenu par Pschorr (²) et par R.-D. Aaworth (³).

Comme on le voit, cette nouvelle méthode, qui sera décrite avec plus de détails dans un autre Recueil et qui donne d'excellents rendements, permet d'accéder facilement à des dérivés hydro-phénanthréniques et phénanthréniques qu'il serait difficile d'obtenir par une autre voie. Ils permettent d'ailleurs de réaliser d'autres synthèses intéressantes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la* 1-*méthyl* 2-*cyclopentanone et du* 1-*méthyl* 2-*cyclopentanol*. Note de MM. **Marcel Godchot** et **Max Mousseron**, présentée par Marcel Delépine.

Dans cette Note nous exposons les résultats obtenus dans la chloruration de la 1-méthyl 2-cyclopentanone et dans l'action de l'acide hypochloreux sur le 1-méthyl Δ_2-cyclopentène.

A. 1-*méthyl* 3-*chloro* 2-*cyclopentanones*. — La 1-méthyl 2-cyclopenta-

(¹) *Ber. d. chem. Ges.*, 55, 1922, p. 1835.

(²) *Ber d. chem. Ges.*, **39**, 1906, p. 9111.

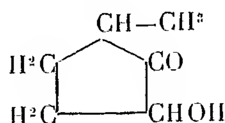
(³) *Journ. chem. Soc.*, 1932, p. 1125.

none, préparée par la méthode de Bouveault ([1]) modifiée par Cornubert ([2]), est traitée par un courant très lent de chlore en présence de carbonate de calcium selon la technique de Kötz et Steinhorst ([3]); on fractionne le produit obtenu à l'aide d'une colonne rectificatrice à billes de verre, surmontée d'un rétrogradeur, et l'on sépare tout d'abord une petite quantité de méthylcyclopenténone, puis deux fractions possédant chacune un point d'ébullition invariable et constituant les deux stéréoisomères *cis* et *trans* prévus par la théorie.

La première fraction bout à 87° sous 14^{mm} ($d_{16}=1,188$; $n_D^{16}=1,4929$; $\eta_{16}=0,0401$; R. M. trouvée 32,35; calculée 32,58).

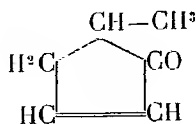
La deuxième fraction distille à 98-99° sous 14^{mm} ($d_{16}=1,188$; $n_{16}^D=1,5067$; $\eta_{16}=0,0355$; R. M. trouvée 32,38; calculée 32,58). Ces deux produits ne donnent aucune réaction ni avec le chlorure ferrique, ni avec le réactif de Zappi au nitrate de mercure I, montrant ainsi l'absence de toute forme énolique.

B. 1-*méthyl* 3-*cyclopentanolone* 2 :



La grande mobilité du chlore dans les chlorocyclanones 1-2 permet de lui substituer un hydroxyle par simple ébullition avec l'eau, c'est ainsi que la 1-méthyl 3-chloro 2-cyclopentanone ($Eb_{14}=87°$) se transforme en 1-méthyl 3-cyclopentanolone 2, liquide bouillant à 110° sous 14^{mm}, se prenant en masse par refroidissement, cristallisant dans l'eau en longues aiguilles (F. = 100-101°), et possédant une saveur sucrée très nette; sa phénylhydrazone cristallise en prismes dans le benzène (F. = 104-105°). L'autre stéréoisomère ($Éb_{14}=98-99°$) conduit à la même 1-méthyl 3-cyclopentanolone 2, montrant que le remplacement de Cl par OH à lieu avec changement de structure spatiale.

C. 1-*méthyl* Δ_3-*cyclopenténone* 2 :



([1]) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, 21, 1899, p. 1022.
([2]) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 47, 1930, p. 301.
([3]) *Annalen der Chemie*, 379, 1911, p. 20.

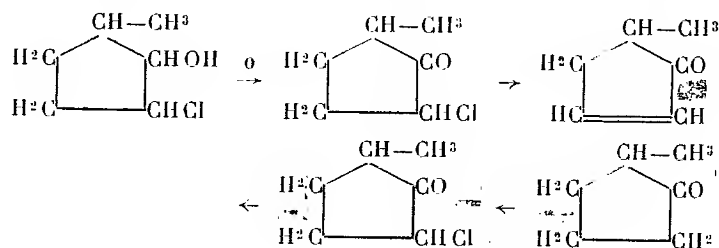
On l'obtient par distillation rapide d'un mélange des deux 1-méthyl 3-chloro 2-cyclopentanones et de quinoléine; il constitue un liquide mobile ($Éb_{760} = 140°$; $d_{18} = 0,942$; $n_D^{18} = 1,4460$; R. M. trouvée, 27,25; calculée 27,41), fournissant une semicarbazone cristallisant facilement dans le benzène ou l'alcool méthylique (F. = 175-176°).

D. 1-*méthyl 3-chloro 2-cyclopentanols*. — Le 1-méthyl Δ_2-cyclopentène isolé par déshydratation du méthylcyclopentanol correspondant (¹), est traité par la monochlorurée acétique; la chlorhydrine obtenue peut-être représentée soit par la 1-méthyl 3-chloro 2-cyclopentanol, soit par le 1-méthyl 2-chloro 3-cyclopentanol, suivant le mode de fixation de ClOH. Nous montrerons que le chlore se fixe le plus loin possible du radical CH^3 comme l'ont déjà prouvé Kötz et Steinhorst (*loc. cit.*) pour le cycle en C^6; à ce seul isomère, le 1-méthyl 3-chloro 2-cyclopentanol, correspondent quatre stéréoisomères que nous avons réussi à séparer dans la série du méthylcyclohexène (²); malgré le fractionnement très poussé il ne nous a été possible d'isoler que deux fractions :

1°	$Éb_{34} = 69-70°$,	$d_{21} = 1,084$,	$n_D^{21} = 1,4590$,	$\eta_{21} = 0,0176$,
2°	$Éb_{34} = 101-102°$,	$d_{21} = 1,109$,	$n_D^{21} = 1,4670$,	$\eta_{21} = 0,1268$,

toutes deux possédant la même teneur en chlore, 26,4 pour 100.

Nous avons vérifié que les deux chlorhydrines possédaient bien la structure du 1-méthyl 3-chloro 2-cyclopentanol; pour cela le produit brut résultant de l'action de ClOH sur le 1-méthyl Δ_2-cyclopentène, traité par le bichromate de potassium en milieu acéto-sulfurique, est transformé en méthylchlorocyclopentanone correspondante; cette dernière, chauffée avec la quinoléine, fournit un liquide cétonique mobile (semicarbazone, F = 175-176°), identique à la 1-méthyl Δ_3-cyclopenténone 2 décrite plus haut :



(¹) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1599.
(²) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 480.

De l'ensemble de ces recherches, il résulte que le chlore se fixe dans la même position par rapport à CO et à CHOH; de plus, l'action de ClOH sur le 1-méthyl Δ_2-cyclopentène fournit le 1-méthyl 3-chloro 2-cyclopentanol, car son isomère, le 1-méthyl 2-chloro 3-cyclopentanol aurait conduit à la 1-méthyl Δ_1-cyclopenténone-3, obtenue par Taboury et l'un de nous [1] (semicarbazone, F. = 230°).

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Mesure de la rotation du plan de polarisation dans la réfraction cristalline oblique.* Note de MM. **Georges Bruhat** et **Louis Weil**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. *Lame de spath.* — Une lame cristalline uniaxe parallèle à l'axe produit par réfraction une rotation $\pm\rho$ des vibrations uniradiales, qu'on peut déduire du théorème de Potier et des formules de Mac Cullagh [2]. Si l'axe optique fait un angle θ avec le plan d'incidence, et si l'angle d'incidence i est assez faible, l'expression de ρ peut être réduite à son terme principal

$$\rho = \left[(n_e - 1)^2 - \frac{n_e - n_0}{n_0}\left(n_e - \frac{n_e + n_0}{n_0(n_e + 1)}\right)\right]\frac{i^2}{2n_e^2}\sin 2\theta. \quad (1)$$

Si la lame a une biréfringence φ, son action sur une vibration voisine d'une vibration uniradiale peut être représentée sur la sphère de Poincaré par une rotation $\pm 2\rho$ autour de l'axe polaire, suivie d'une rotation $\pm\varphi$ autour de l'axe équatorial correspondant à la vibration uniradiale transmise. A l'aide de cette représentation géométrique, on établit que les *azimuts d'égalité* de la lame [3] font entre eux l'angle $\pi/2 \pm \rho \cot^2\varphi/2$, tandis que les *azimuts de minimum* sont rectangulaires, et font avec les précédents les angles $\pm(\rho/2)\cot^2\varphi/2$.

Si la lumière employée est formée par une bande spectrale assez large pour que la biréfringence φ y prenne toutes les valeurs possibles, les azimuts de minimum restent rectangulaires, et l'angle des azimuts d'égalité devient $\pi/2 \pm \rho$; si, partant de ces azimuts et remplaçant l'analyseur à pénombre par un analyseur simple éteignant la vibration fournie par le

(1) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1780.

(2) F. E. Wright, *American Journal of Science*, 31, 1911, p. 157; G. Szivessy, *Handbuch der Physik*, 20, p. 698.

(3) G. Bruhat et P. Grivet, *Journ. de Phys.*, 6, 1935, p. 12.

polariseur, on tourne le polariseur, le flux transmis est minimum pour une rotation du polariseur égale à $\mp \rho$.

Ce sont ces dernières propriétés que nous avons utilisées pour les mesures, avec une lame de spath épaisse de 8^{mm}; les radiations non monochromatiques étaient constituées par les groupes de radiations $\lambda = 313$ et $\lambda = 366^{m\mu}$ de l'arc au mercure; nous avons opéré avec $\theta = 50°$, $i = 9°$, angles auxquels correspond, d'après la formule (1), la rotation théorique $\rho = 0°,103$. Les pointés ont été faits avec notre analyseur photo-électrique, et l'erreur possible dans la détermination d'un azimut d'égalité est de l'ordre de 0°,01 : les diverses séries de mesures ont donné, pour la différence entre $\pi/2$ et l'angle des azimuts d'égalité, les valeurs 0°,095, 0°,09, 0°,09, 0°,105 et 0°,11, égales, aux erreurs de pointé près, à la valeur théorique 0°,103. Nous avons d'ailleurs vérifié que le sens de cet angle était bien le sens prévu, la réfraction ayant pour effet de rapprocher la vibration du plan d'incidence.

Nous avons également fait des déterminations d'azimut de minimum, en mesurant les flux transmis à l'aide de notre récepteur photo-électrique; les pointés sont moins précis que pour les azimuts d'égalité, l'erreur pouvant atteindre 0°,02. Nous avons ainsi vérifié que les azimuts de minimum de la lame sont bien rectangulaires (angle trouvé : 89°,985) et que les minima par rotation du polariseur correspondent bien à des rotations ρ à partir de la position polariseur-analyseur croisés (angles trouvés : 0°13, 0°,10 et 0°,10).

II. *Lame de quartz.* — L'effet d'une lame cristalline active normale au faisceau est représenté sur la sphère de Poincaré par une rotation $\pm \varphi$ autour d'un axe qui fait avec l'équateur un petit angle ε : nous admettons que, pour la lame inclinée et pour une vibration voisine d'une vibration uniradiale, il faut la faire précéder de la rotation $\pm 2\rho$ autour de l'axe polaire. On en déduit que l'angle des azimuts d'égalité est encore $\pi/2 \pm \rho \cot^2 \varphi/2$; les vibrations transmises aux deux azimuts d'égalité ont des ellipticités différentes, de valeurs $\rho \cot \varphi/2 + \varepsilon$ et $\rho \cot \varphi/2 - \varepsilon$.

Nous avons utilisé une lame de quartz parallèle à l'axe, d'épaisseur 187^{μ}, et nous avons fait des mesures pour les radiations $\lambda = 405^{m\mu} (\varphi = 125°)$ et $\lambda = 302^{m\mu} (\varphi = 90°)$ de l'arc au mercure, radiations qui, pour une lame aussi mince, peuvent être considérées comme monochromatiques. Nous avons employé les angles $\theta = 45°$ et $i = 15°$; les valeurs théoriques de ρ, données par la relation (1), sont $\rho = 0°,26$ pour $\lambda = 302$ et $\rho = 0°,25$ pour $\lambda = 405$, les valeurs correspondantes de $\rho \cot^2 \varphi/2$ sont 0°,07 pour

$\lambda = 405$ et $0°,26$ pour $\lambda = 302$. Nous avons fait pour chaque radiation deux séries de mesures, la lame ayant été retournée face pour face entre les deux séries; les valeurs trouvées pour la différence avec 90° de l'angle des azimuts d'égalité ont été $0°,07$ et $0°,06$ pour $\lambda = 405$, $0°265$ et $0°,265$ pour $\lambda = 302$.

Les ellipticités sortantes ont été mesurées, avec un quart d'onde en mica et l'analyseur photo-électrique, dans les deux séries de mesures relatives à $\lambda = 405^{m\mu}$. Leur demi-somme a pour valeur théorique $\rho \cot\varphi/2 = 7',8$: nous avons trouvé $8',4$ et $7',6$; leur demi-différence a pour valeur théorique ε, quantité qui, d'après les mesures sur la lame normale, est égale à $22',6$: nous avons trouvé $22',0$ et $21',3$.

On voit que, *dans tous les cas, les résultats expérimentaux ont été parfaitement d'accord avec les prévisions théoriques;* on peut en déduire que, dans les mesures de biréfringence, une inclinaison de l'ordre du degré du compensateur sur les rayons qui le traversent ne peut pas introduire d'erreur appréciable.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations tectoniques et stratigraphiques sur la* zone de plissement *d'Aups* (*Var*). Note de M. **Antonin Lanquine**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai précédemment (¹) étudié la structure de la grande étendue jurassique du Plan de Canjuers, ondulée d'abord par des mouvements provençaux de direction générale W-E et fragmentée ultérieurement par des ruptures de sens alpin. Plusieurs séries d'observations détaillées sur la bordure méridionale du Grand Plan de Canjuers jusqu'aux environs d'Aups me conduisent maintenant à compléter et à rectifier les premières données publiées jadis par Ph. Zürcher sur cette dernière région (²).

Les larges ondulations observées au Nord se retrouvent ici dans le chaînon des Trois Cuguyons au NE de Moissac, dans le chaînon de Notre-Dame de Liesse et dans la montagne des Espiguières au NE d'Aups. Elles intéressent les divers niveaux du Jurassique et se poursuivent également, au S d'Aups, dans la masse dolomitique de la forêt d'Uchane. Au reste, l'allure du synclinal occupé par des dépôts lacustres néocrétacés et éocène

---

(¹) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 217.

(²) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3ᵉ série, **19**, 1892, p. 1178-1201, fig. 35, pl. XXVIII-XXIX et *Carte géologique de Draguignan* au 1/80000ᵉ.

inférieur entre les Infirmières et Moissac se rattache à ces ondulations de style provençal. Cependant, les ruptures longitudinales des séries jurassiques considérées ont déterminé des chevauchements vers le SW, de sens alpin. L'étude analytique de ces accidents me permet d'apporter à leur sujet une information plus précise.

Au sud de la crête Notre-Dame de Liesse, le Jurassique inférieur dolomitisé (Bathonien à Callovien) montre déjà quelques replis assez accentués et une première rupture amène, comme Zürcher l'a figuré, une légère saillie anticlinale du Bajocien et de l'Hettangien au-dessous de la chapelle. Mais quelques complications naissent avec l'anticlinal des Gipières. En réalité, cet accident montre deux replis de Lias inférieur et de Keuper (cargneules et gypse) encadrés de Bajocien à silex. Une lame de Bajocien, subverticale, surmontée par quelques bancs hettangiens, forme au Sud le flanc inverse. Vient ensuite un premier Trias qui supporte un Rhétien fossilifère étiré, de l'Hettangien, puis un nouveau Trias, puis l'Hettangien et le Bajocien du flanc normal. Le tout plonge au Nord-Est.

L'anticlinal de l'Estré, à la tête du ravin de l'Oris, est plus simple. Son refoulement au Sud est à peine marqué par un pendage N du Rhétien fossilifère très redressé qui encadre le noyau de cargneules triasiques. L'Hettangien, d'abord subvertical, du flanc sud s'incurve rapidement sous un Bajocien qui supporte, en large affleurement synclinal, le Bathonien dolomitisé formant le soubassement de la montagne des Espiguières [1]. Sur le flanc N de l'anticlinal, le Bajocien forme, en revanche, un repli accentué dont la charnière est tournée au Sud.

Venons au chevauchement le plus marqué, en continuité depuis Moissac jusqu'aux Infirmières. Il limite au Sud la bande anticlinale Lias-Jurassique refoulée sur le synclinal d'Aups entre ces deux points. Si cette bande se termine périclinalement aux deux extrémités en question, l'inégalité du chevauchement apparaît dans plusieurs coupes transversales.

A Moissac, le Bajocien qui surplombe le vallonnement occupé par le Rognacien et les argiles rouges et sables grossiers éocènes supporte un mince affleurement de calcaires marneux bathoniens épargnés par la dolomitisation qui affecte, dans toute la région d'Aups, la totalité de l'ensemble Callovien-Bathonien. Un peu plus à l'Est, la coupe du ravin du

---

[1] L'examen du fond du vallon de l'Oris confirme ces observations. L'une des larges ondulations du Bajocien de la base découvre localement, dans ce terrain, quelques bancs entièrement formés par une Oolithe ferrugineuse.

Serre est la suivante, du Sud vers le Nord : au-dessus des argiles rouges vient, en disposition chevauchante, une bande de Portlandien représentée par des Calcaires Blancs très recristallisés et bréchiques, exploités comme marbre au-dessus du contact. Sur ce Portlandien redressé, plongeant ici au NNW, viennent les Dolomies cristallines du même étage, puis les assises réduites du complexe Callovien-Bathonien. Cet ensemble forme le flanc inverse du pli déversé. On atteint ensuite un Bajocien plongeant fortement au NNW qui porte un Hettangien de même pendage, indice très net du refoulement. On traverse enfin un Bajocien-Bathonien plus étalé et la montée se poursuit, dans le bois de la Colle, avec le complexe dolomitisé.

Une coupe analogue caractérise le prolongement du chevauchement entre l'Auquier et la route d'Aups à Vérignon. A $1^{km},5$ d'Aups, les bords de l'ancienne route et de la nouvelle montrent nettement les successions. Ici les argiles rouges retroussées supportent un Hettangien concassé, mylonitisé, qui les aborde sous un angle d'environ 50°. Ce terme représente le noyau du pli anticlinal (il n'y a plus, cette fois, de flanc inverse) et supporte un Bajocien très redressé dans lequel j'ai recueilli : *Trigonia moutierensis* Lyc., *Terebratula* sp., *Stomechinus lævis* (Ag.) Des., *Balanocrinus inornatus* d'Orb. sp. Viennent ensuite quelques assises de calcaires marneux du Bathonien, puis l'ensemble dolomitique, de moins en moins incliné qui se raccorde avec l'étalement synclinal des Espiguières.

En longeant le contact anormal sur les croupes qui dominent le vallon de l'Oris, on observe encore la situation de l'Hettangien, avec brèches de friction interposées, au-dessus des argiles rouges puis, aux abords de la chapelle Notre-Dame, on retrouve un fragment de flanc inverse, avec des Dolomies portlandiennes, qui supporte une lame de Rhétien, l'Hettangien étiré et broyé et le calcaire à silex bajocien au-dessous de l'ensemble Bathonien-Callovien.

Plus à l'Est encore, les coupes NS entre le versant sud des Espiguières et le canal du Saut montrent des faits analogues, avec des lambeaux de flanc inverse, Dolomies ou Calcaires Blancs portlandiens. Au contact, les calcaires rognaciens, les grès grossiers et les argiles de l'Éocène inférieur sont retroussés. Avant la traversée du grand vallon que contourne le canal, le chevauchement est souligné par un affleurement de bauxite renversé entre les calcaires néojurassiques redressés et le Rognacien subvertical.

GÉOLOGIE. — *Sur le jeu alternant ou simultané des phénomènes magmatiques et dynamiques dans les Cévennes septentrionales*. Note [1] de M. **André Demay**, présentée par M. Louis de Launay.

La palingenèse et l'anatexie définies par J.-J. Sederholm en 1907 pourraient être considérées à certains égards comme les premiers exemples des phénomènes qui sont l'objet de la présente Note. Pourtant le grand géologue finlandais désignait par là, soit la résurrection d'un granite redevenu actif par enfoncement, soit le mélange par fusion d'un magma jeune et de fragments bien plus anciens, sans envisager les relations entre les phénomènes dynamiques et magmatiques dans un même cycle orogénique. En fait, c'est M. Bruno Sander qui, en 1911, présenta dans ce sens les premières observations microscopiques [2].

En 1926, j'ai apporté de mon côté la démonstration [3] précise de la régénération de gneiss laminés ou mylonitiques par les venues magmatiques tardives du même cycle orogénique et montré que « dans les gneiss granulitiques des Cévennes septentrionales, les déformations mécaniques sont antérieures à la cristallisation des éléments granulitiques ». Tandis que M. B. Sander a décrit surtout des zones de contact entre roches éruptives ou gneissiques et des sédiments et signalé seulement quelques indices de phases anciennes dans les gneiss, mes conclusions de 1926 portaient sur un puissant complexe de gneiss méso ou catamétamorphiques et constituaient en outre, en dehors du point de vue lithologique seul envisagé jusque-là, la première étude de tectonique cristallophyllienne régionale basée sur la microtectonique. Des observations ultérieures de microtectonique ont été publiées par M. L. Waldmann en 1927 et par M. L. Kölbl en 1929 sur la Bohême, par MM. Wegmann et Kranck en 1931 sur la Finlande, par M. J. de Lapparent en 1934 sur la Bretagne. Les recherches que j'ai poursuivies entre temps dans les Cévennes septentrionales me permettent de préciser et de compléter mes résultats de 1926.

On peut distinguer cinq phases essentielles : I. Métamorphisme régional initial accompagné de mouvements tangentiels. Mise en place et cristalli-

---

(1) Séance du 12 juin 1935.

(2) B. Sander, *Tschermaks Petr. Mitt.*, 30, 1911, p. 281, *Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt*, Wien, A, 62, 1912, p. 219.

(3) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 792.

sation du magma granitique. II. Laminage du granite, des gneiss et des micaschistes dans des conditions épimétamorphiques avec formation de séricite, chlorite, limonite, particulièrement dans certaines zones de glissement tangentiel. En certaines parties de ces zones, formation de mylonites verdâtres ou brunâtres. III. Injections et diffusions magmatiques (pegmatite, aplite, granite alcalin, granite à deux micas) dans les zones de glissement. Reprise magmatique de mylonites de la première phase. IV. Laminage des gneiss d'injection et du granite de la troisième phase. Dans certaines zones, formation de mylonites blanches. V. Recristallisations et dernières injections ou imbibitions magmatiques, sous forme de granite à deux micas et d'aplite posttectoniques.

Durant la première phase prend naissance une puissante série de gneiss à biotite. Les mouvements orogéniques contemporains, déjà de style tangentiel, ont facilité ce métamorphisme thermique et surtout magmatique, accentué ou créé l'orientation des éléments. Les faits essentiels sont l'absence de déformation ou la recristallisation des éléments dans les charnières de plis microscopiques, les plis à demi absorbés et effacés, la substitution de formes polygonales aux formes courbes dans les lits de biotite plissés, le contact syntectonique des gneiss et du granite gneissique sous-jacent, que démontre au microscope le laminage des éléments dus à l'influence magmatique dans les paragneiss, leur absorption partielle par des éléments granitiques intacts et la déformation de ceux-ci dans un échantillon voisin.

Les phases ultérieures ont agi surtout dans des zones privilégiées de glissement et d'injection. Leurs effets se sont superposés, mais peuvent dans bien des cas être distingués au microscope et sur le terrain. Par exemple, près de Coirolles dans le lambeau du Pyfara, on reconnaît dans un gneiss d'injection très proche d'un orthogneiss les éléments mylonitiques de la deuxième phase, les éléments nouveaux d'injection de la troisième avec des inclusions fortement déformées de la deuxième, enfin par place dans la même lame le plissement intense des lits d'injection (IV). Non loin de là, à la cote 985, cette quatrième phase a provoqué l'écrasement total des gneiss d'injection sous forme de mylonite blanche. Puis, il y a eu simple cicatrisation par des filonnets quartzeux (V). Près de Doizieu, dans le massif du Pilat, on observe, au contact d'une zone d'injection, dans les gneiss à mica noir très laminés, chloriteux et mylonitiques de la deuxième phase, quelques cristaux d'orthose dus à l'influence de l'injection (III), qui contiennent en inclusion des éléments du gneiss antérieur, parallèles à ceux du tissu gneis-

sique, laminés et altérés avant leur emprisonnement. Près de Villevocance dans le synclinal de Saint-Marcel, le microscope décèle aussi de la manière la plus claire les débris de granite et de gneiss antérieurs à l'injection, quartz, biotite, chlorite, oligoclase, déformés ou écrasés, parfois fragments complexes de lits pliés, en inclusion dans certains grands cristaux d'orthose à peu près intacts des gneiss d'injection de la phase III, puis le laminage et le plissement souvent intenses de grands cristaux analogues et des lits d'injection (IV), enfin par place, du quartz, de la biotite, des feldspaths très frais, cristallisations finales postérieures au mouvement (V). Plusieurs observations semblent prouver que les phases III, IV et V constituent parfois les aspects successifs d'un même phénomène plutôt que des phases absolument distinctes. Elles définissent alors une injection magmatique syntectonique au sens le plus strict.

Les actions magmatiques posttectoniques de la phase V ont joué dans certaines zones un rôle plus important. En dehors de quelques traces des déformations des phases II ou IV presque tous les cristaux sont intacts. Ainsi ont pris naissance des gneiss aplitiques ou granulitiques d'aspect tranquille. De même les granulites (granites à deux micas) semblent représenter le terme final de l'évolution magmatique qui a échappé presque complètement aux mouvements. Mais dans certains cas elles ont été déformées aussi et constituent alors des orthogneiss associés aux gneiss d'injection laminés.

GÉOLOGIE. — *Sur les poudingues intercalés dans les schistes briovériens, au Nord des Coëvrons (Mayenne et Sarthe), et sur la nature des mouvements cadomiens.* Note de MM. **Louis Dangeard** et **Charles Batard**, présentée par M. Charles Jacob.

Oehlert a étudié avec précision les diverses assises cambriennes et siluriennes qui constituent le synclinal des Coëvrons et montré qu'elles débutaient par un poudingue à faciès variable (*poudingue pourpré*) les séparant des schistes précambriens (*briovériens*). Dans la légende de la carte géologique (feuille 77, Mayenne), il a noté que ces schistes contenaient parfois des lits discontinus de poudingue (*poudingue de Gourin*).

Récemment, MM. Ch. Barrois et P. Pruvost [1] ont montré l'importance

---

[1] *Ann. S. G. N.*, 56, 1931, p. 80.

que prenaient ces bancs de galets à l'Ouest et au Sud du synclinal, entre Coëvrons et Charnie. Comparant les couches cambriennes de la Bretagne à celles du Maine, ils admettent que le poudingue de base des Coëvrons se répète par plis serrés dans la masse des schistes inférieurs et que ce poudingue se confond ainsi avec le poudingue de Gourin. Dans cette hypothèse, le grès de Sainte-Suzanne devient l'équivalent du poudingue pourpré breton (*poudingue de Montfort*).

Au cours d'une série de recherches effectuées dans la région anticlinale comprise entre les Coëvrons et le synclinal de Pail, l'un de nous (M. Batard) a découvert de nombreux gisements de poudingue inclus dans les couches briovériennes, les uns situés à quelques centaines de mètres de la bordure sud de Pail (Averton, Grand Monthaison) et de la bordure nord des Coëvrons (Courvale, Mont-Saint-Jean), d'autres, à 2^{km} de cette dernière (Le Pont-Landry). Les bancs de poudingue, obliques ou non par rapport à la direction des synclinaux voisins, peuvent être formés de galets nombreux, variés (quartz, phtanites, grès), ou au contraire de galets rares disséminés dans des schistes verts identiques aux schistes normaux du Briovérien.

Faut-il considérer que ces bancs de galets représentent le poudingue de base du Cambrien répété par plis ? Nous pensons plutôt qu'ils appartiennent à un niveau élevé du Briovérien (x^b de M. Ch. Barrois sur la Feuille de Redon) et qu'ils prouvent l'existence de ridements ayant affecté des couches briovériennes plus anciennes.

En étudiant les mouvements calédoniens dans les régions franco-belges, M. Rénier [1] a montré que le Dévonien ne reposait pas sur des couches cambriennes et siluriennes quelconques, qu'il y avait partout emboîtement des plis et qu'« en progressant vers les parties basses des régions plus synclinales », on pouvait s'attendre à voir le Gédinnien reposer sur des assises de plus en plus récentes. « Finalement, écrit-il, la lacune pourrait s'annuler », l'étude paléontologique détaillée des couches de Liévin [2] a prouvé, en outre que, pendant que de « grands mouvements orogéniques façonnaient le Brabant et l'Ardenne, des sédiments à faune marine continuaient à se déposer très régulièrement de l'Ardenne au Shropshire ».

Ces notions ne sont-elles pas applicables à l'étude des mouvements cadomiens qui se sont manifestés avec une intensité variable dans les diverses parties du Massif Armoricain ? Au Nord, dans le Cotentin, la lacune séparant le Cambrien de son substratum est considérable; le Briovérien a été

---

(1) *B. S. G. F.*, 4e série, 28, 1928, p. 505.
(2) Ch. Barrois, P. Pruvost et G. Dubois, *Mém. S. G. N.*, 6, II, 1920, p. 222.

dénudé jusqu'aux massifs de granite et le poudingue de base du Cambrien est principalement formé de roches éruptives ([1]). Au Sud de Caen, la lacune est encore très importante ainsi que la discordance ([2]) (discordance classique de Rocreux); le Briovérien est à l'état de schistes et de grès argileux; le poudingue de Gourin manque. Si nous allons au contraire à l'extrémité méridionale du Massif, la concordance semble partout réalisée; les poudingues diminuent d'importance, ainsi que les faciès rouges ([3]) (Maine-et-Loire, Loire-Inférieure, Vendée). Quant à la région des Coëvrons, elle présenterait en quelque sorte des caractères intermédiaires; le Cambrien n'y repose pas sur des couches briovériennes quelconques, mais sur du Briovérien supérieur chargé de galets; la discordance est encore sensible, le *poudingue du Pont-Landry* ([4]) est plus important au Sud qu'au Nord.

Dans l'hypothèse envisagée, on s'explique bien la coïncidence de position géographique réalisée dans un grand nombre de régions entre le poudingue de base du Cambrien et les couches briovériennes contenant des galets. En effet, si dans une partie du massif, les mouvements cadomiens ont fait naître des masses continentales importantes, ailleurs ils ont provoqué seulement la formation de rides qui ont été soumises rapidement à l'érosion marine; les produits de démantèlement ont commencé à s'accumuler dès le Briovérien supérieur dans les régions synclinales ébauchées. Par une sorte de continuité des phénomènes de plissement, il y aurait eu ensuite, au Cambrien, exagération des phénomènes amorcés au Briovérien.

Pour d'autres régions enfin, la concordance existe et le voisinage de ridements n'est souligné que par la présence de lits grossiers.

Dans ces conditions, où faut-il placer la limite entre Briovérien et Cambrien? Au niveau des premiers galets épars dans les couches schisteuses vertes, ou bien à la base de couches rouges qui ne sont pas toujours pondingiformes ni discordantes? Si l'on envisage l'ensemble du Massif, la question est compliquée par la multiplicité des facies et des conditions de gisement, traduisant d'ailleurs la variété des conditions initiales, et par l'absence de fossiles. En ce qui concerne les Coëvrons, il nous semble commode de conserver la limite admise par Œhlert.

([1]) A. Bigot, *Légende de la feuille des Pieux.*

([2]) A. Bigot, *B. S. G. M. B.*, 7, fasc. sp., 1928.

([3]) Voir les travaux récents de MM. Barrois, Mathieu, Mazères, Péneau.

([4]) Nous appelons ainsi le poudingue inclus dans le Briovérien des Coëvrons.

GÉOLOGIE. — *Sur les failles tertiaires de Vendée.*
Note (1) de M. **Gilbert Mathieu**, présentée par M. Charles Barrois.

Le Massif ancien de Vendée présente une structure rayée qui est due aux plissements hercyniens, mais en outre le Bocage Vendéen et la Gâtine ont été affectés par un système de cassures très récentes. La *faille de Chantonnay* (2), et la *fosse de Chantonnay* (3) (compartiment de Jurassique effondré au milieu du Primaire) ont déjà été décrits par M. Ch. Barrois, dans la Gâtine, Welsch (4) a fait une étude d'ensemble des cassures de cette région. Ces failles d'âge Miocène supérieur (certaines même sont peut-être Pliocènes) ont pu être datées grâce aux *faluns de Mirebeau* dans le Poitou et grâce aux *dépôts Redoniens* des environs du lac de Grand-Lieu; elles ont une grande importance au point de vue du gisement houiller, car elles limitent l'étroite bande de Carbonifère de Vendée conservée dans un compartiment effondré.

Nous ne reviendrons pas sur la faille de Chantonnay qui, sur une longueur de 36^{km}, effondre le Jurassique au nord du terrain houiller, puis du Briovérien, mais nous ferons la distinction entre deux accidents de rejet et d'âge différents. Au sud du terrain houiller de Chantonnay (Westphalien) et de la Marzelle (Stéphanien), il existe un anticlinal de gneiss déversé vers le N.-E. L'étude détaillée de la bordure sud du bassin houiller de Chantonnay nous conduit à admettre l'existence d'une faille inverse entre le houiller et les gneiss. La bande carbonifère serait donc comprise en ce point entre deux accidents : faille inverse hercynienne sur le bord sud, et faille directe d'âge miocène (faille de Chantonnay) sur le bord nord.

Autres cassures récentes : a. Faille de Chassay-l'Église. Sur le bord nord de la plaine jurassique, nous avons remarqué près du village de Chassay-l'Église et le long de la petite vallée de Thénie, que le Sinémurien est toujours situé à des cotes inférieures à celles des schistes X. — *b. Faille Cezais-Les Fontaines.* Au nord de Vouvant, le Lias et le Bajocien, situés autour du hameau des Fontaines, constituent un paquet effondré au milieu du Houiller et limité au Sud par une faille directe que l'on peut suivre du village de Cezais à la vallée de la Mère. — *c. Faille d'Épagne.*

---

(1) Séance du 17 juin 1935.
(2) Ch. Barrois, *Ann. Soc. Geol. Nord*, 26, 1897, p. 7 et 10.
(3) Ch. Barrois, *Ann. Soc. Géol. Nord*, 55, 1930, p. 151.
(4) *Bull. Soc. Géol. France*, 4e série, 3, 1903, no 7, p. 882.

Le Houiller lui-même est situé dans un compartiment effondré au milieu du Briovérien. Dans ce secteur nord-ouest du Bassin houiller de Vouvant, l'accident du bord sud est la faille de Chantonnay et celui du bord nord de la faille d'Épagne qui fait buter les faisceaux de veines de houille inclinées vers le Nord-Est (exploitées à l'ancienne mine d'Épagne et reconnues à la Davière), contre le Briovérien présentant ce même pendage vers le Nord-Est. La morphologie de la *fosse Jurrassique de Chantonnay* et du *Bassin houiller de Vouvant* indique très nettement le passage de ces failles marqué par un escarpement d'une trentaine de mètres. — *d. Faille de Foussais.* Par des considérations sur les cotes d'affleurement du Jurassique et du Primaire, on arrive à la conclusion que le Lias et le Bajocien de Foussais sont effondrés par rapport à la région anticlinale des gneiss de Mervent. La faille de Foussais est située dans le prolongement exact de la faille de Chantonnay, c'est toujours un accident direct présentant un regard vers le Nord-Est. — *e. Faille de Pissotte.* De même sur le bord sud du Massif de Mervent, le Lias de Pissote (cote 45) est effondré par rapport aux schistes X (cote 90).

Relations des cassures miocènes avec les plissements hercyniens. — La *fosse Jurassique de Chantonnay* prolongée au Sud-Est par le *synclinal tertiaire Champdeniers-Saint-Maixent* est superposée sensiblement au grand synclinal de dévonien et de carbonifère *Lac de Grand-Lieu*, *Chantonnay*, *Saint-Laurs*, *la Ville-Dé D'Ardin*. D'autre part, l'anticlinal hercynien *les Essarts-Mervent* se termine exactement, dans son extrémité sud-est, dans le *horst tertiaire de Mervent.* De plus entre Saint-Philibert-du-Pont-Charrault et Cezais, là ou le houiller disparaît, du moins en affleurement, la faille directe de Chantonnay est superposée au grand accident inverse d'âge hercynien qui se manifeste jusqu'à Saint-Laurs par l'écrasement du bord sud du bassin houiller. Au Miocène supérieur, tandis que la fosse de Chantonnay s'effondrait suivant le synclinal hercynien, l'anticlinal de Mervent se relevait pour former un horst tertiaire.

Cette région de la Vendée vérifie donc d'une façon remarquable la loi des *plis posthumes* de Marcel Bertrand. Ces mouvements tertiaires affectant une bande houillère suivant d'anciens plis hercyniens, nous conduisent tout naturellement à comparer la Vendée à l'Artois où nous voyons au sud du Bassin houiller du Pas-de-Calais, les failles tertiaires qui sont presque superposées à la Grande Faille du Midi produite par les plissements hercyniens.

Pour les autres grands synclinaux vendéens, on ne retrouve pas ce phénomène de superposition ; c'est ainsi qu'au nord-ouest de Saint-Maixent, le synclinal de la Châtaigneraie est recoupé par la faille de la Chapelle-Bâton, décrite par Welsch. Par contre une autre cassure remarquable peut être tracée dans la région des hauts plateaux granitiques, elle est

jalonnée par les filons de quartz du Pin (Deux-Sèvres) et de Bressuire, levés par M. Wallerant ([1]), puis par celui du Rocher du Moulin d'Amailloux et enfin par le filon de la Maillotière-la Simnaudière (passant à 3km à l'est de Parthenay) qui se trouve dans le prolongement exact de la faille de Vasles. On peut ainsi relever sur plus de 60km, une ligne de fracture récente qui offre la direction sud-armoricaine.

HYDROLOGIE. — *Influence d'un courant d'eau chaude sur l'air et le radon dissous dans une eau froide.* Note ([2]) de M. **Marcel Geslin**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Dans le but d'étudier les échanges susceptibles de se produire entre les gaz naturels spontanés d'une source thermale et les gaz dissous dans une eau froide superficielle que cette source rencontre, nous avons réalisé un courant d'eau chaude au sein d'une masse d'eau froide contenue dans un récipient cylindrique (39 litres, environ) suivant le schéma ci-dessous ([3]).

Dans ces conditions, à partir de 40°, l'eau chaude est accompagnée de gaz spontanés provenant de la décomposition des bicarbonates et du dégagement partiel des gaz dissous. Voici la composition de ces gaz :

	Débits.						
T°.	Eau chaude l/h.	Gaz cm³/h.	Gaz en cm³ par litre.	N^2 %.	CO^2 %.	O^2 %.	$\frac{O^2}{N^2+O^2}$ %.
40.........	85	0,1	0,001	80	0	19,9	19,9
50.........	56	0,5	0,010	79,6	0,6	19,8	19,8
60.........	38	2	0,050	79	1,5	19,5	19,6
70.........	26	14	0,200	73,6	7,7	18,7	20,3
80.........	18	50	2,5	–	–	–	–
84.........	16	80	5	73,3	8,9	17,8	19,4
90.........	13	160	12	–	–	–	–
94.........	12	250	21	59	28	13	18,5

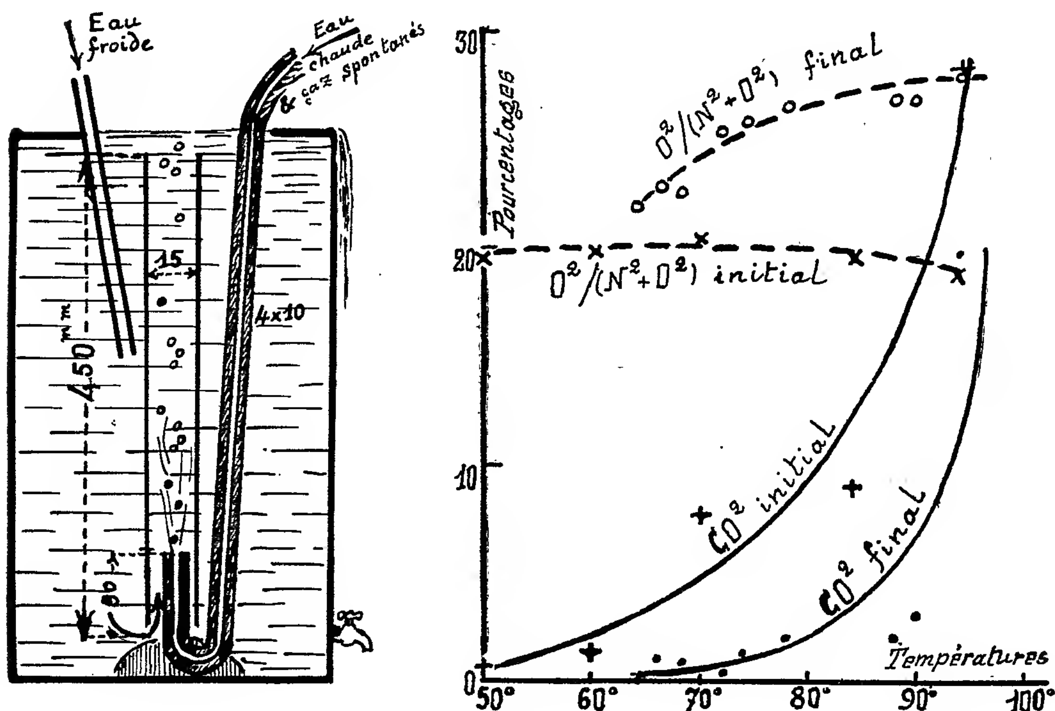
([1]) Cartes géologiques au 80000e de la *Roche-sur-Yon*, n° 130 et de *Bressuire*, n° 131.

([2]) Séance du 17 juin 1935.

([3]) Une partie de l'eau (*eau froide*) provenant de la canalisation (eau des réservoirs de Montsouris) arrivait dans le récipient après avoir passé dans une trompe à eau pour maintenir, à 20°, sa saturation en air dissous; une autre partie (*eau chaude*) arrivait dans le même récipient après avoir circulé dans un appareil à serpentin chauffé employé en hydrothérapie.

Le CO^2 pour 100 augmente avec la température, le rapport $O^2/(N^2+O^2)$ pour 100 est sensiblement constant et voisin de 20 pour 100 [1].

Air. — Après un parcours vertical de 35^{cm} de l'eau chaude et des gaz spontanés précédents, dans l'eau froide, on peut voir sur le graphique que, par rapport à la composition initiale, CO^2 pour 100 diminue, tandis que le rapport $O^2/(N^2+O^2)$ pour 100 augmente avec la température. Cette disparition de CO^2 pourrait provenir d'une recombinaison avec les sels solubles ou en suspension dans le courant d'eau chaude mais, étant donné la courte durée de l'ascension de la bulle gazeuse (35^{cm} d'eau), nous admettons plutôt une dissolution partielle de CO^2 dans l'eau froide entraînée par le courant d'eau chaude. L'augmentation de $O^2/(N^2+O^2)$ pour 100 avec la température indique l'importance de l'extraction partielle, par l'eau chaude, des gaz dissous dans l'eau froide. Cette action incomplète ne peut



(1) Ce même rapport, calculé d'après les chiffres de Winkler (*Zeits. f. Phys. Chemie*, 9, 1892, p. 171) est également sensiblement constant, mais voisin de 33,5 pour 100 pour l'air dissous aux températures comprises entre 50 et 95°.

porter le rapport $O^2/(N^2+O^2)$ pour 100 qu'à 28 pour 100 au lieu de 39 pour 100 (d'après les chiffres de Winkler, *loc. cit.*), valeur moyenne correspondant au dégagement total des gaz dissous d'une eau saturée d'air à 20° et chauffée de 20° à 40°, de 20° à 60°, ..., de 20° à 90°.

Radon. — Nous avons fait des expériences identiques en radioactivant, au préalable, l'eau froide saturée d'air dissous au moyen d'un émanateur à immersion. Voici les résultats de nos mesures :

Température de l'eau			Radon par litre, en 10^{-9} curie			
chaude initiale.	extérieur du tube axial (mi-hauteur).	intérieur du tube axial (surface).	eau froide initiale.	intérieur du tube axial.	extérieur du tube axial.	gaz.
70°	43°	50°	10,88	?	14,9	15,2
84°	55°	60°	9,76	6,9	13,8	19,7

Le radon dissous dans l'eau froide a été partiellement extrait en même temps que les autres gaz dissous, soit sous l'influence de la température de l'eau chaude, soit sous l'action du barbotage des bulles de gaz spontanés accompagnant l'eau chaude ([1]).

HYDROLOGIE ET MÉTÉOROLOGIE. — *La composante annuelle (pluviométrie et hydrométrie en Argentine)*. Note ([2]) de M. V. **Frolow**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

La composante annuelle a été dégagée en appliquant la méthode de M. H. Labrouste aux données publiées par la Direction de Météorologie de la République Argentine ([3]). Cette Note est consacrée à l'étude de la phase et de l'importance relative de la composante considérée. L'importance relative est définie pour chaque station par le rapport, exprimé en

---

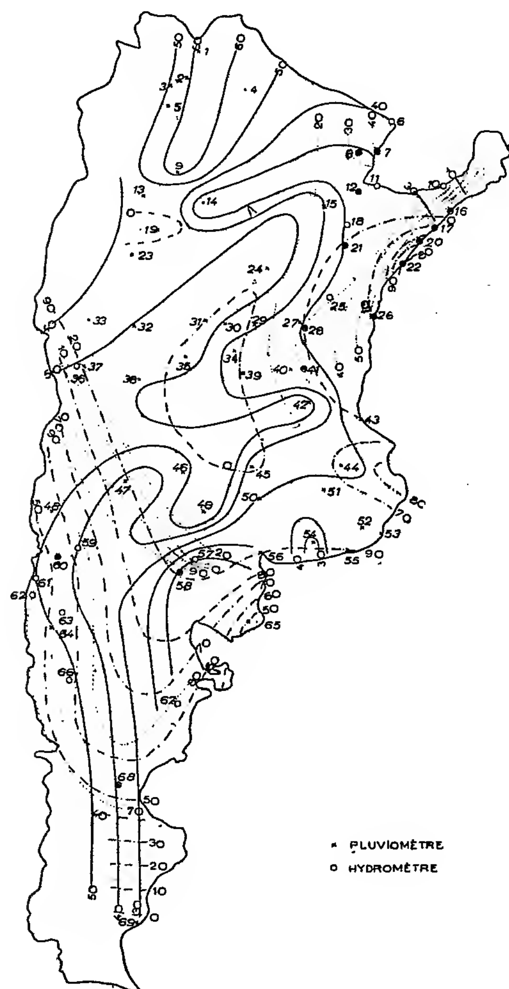
([1]) Dans ces expériences, nous avons pu remarquer que l'eau chaude, tout en s'écoulant librement à la surface du récipient, élevait la température des couches d'eau radioactive superficielles et primitivement froides; de ce fait, le radon dissous a été déplacé vers les couches inférieures restées froides et, à la fin de ces deux expériences, la radioactivité finale de l'eau (prise à mi-hauteur du récipient) était devenue environ 1,4 fois plus grande que celle de l'eau initiale (prise à la même hauteur et de radioactivité homogène).

([2]) Séance du 17 juin 1935.

([3]) *Annales de la Direccion de Météorologia*, Buenos-Aires, 18, 1930, p. 1, et *Boletin mensual*, Buenos-Aires, 1923, p. 1.

pour 100, de l'amplitude maximum de la composante à l'écart des extrêmes des données.

Les résultats des calculs et des mensurations sur le graphique font apparaître qu'aux différentes stations il y a une non-simultanéité de la phase et une inégalité de l'importance relative de la composante annuelle. La carte



N°	STATION	PHASE %		IMPORT. RELAT. %	
		RIVIÈRES	PLUIE	RIVIÈRES	PLUIE
1	ORAN		95,0		61,2
2	LEDESMA		95,0		59,5
3	JUJUY		97,0		46,9
4	RIVADAVIA		97,3		55,5
5	SALTA		96,5		52,5
6	ASUNCIÓN	45,8		28,3	
7	FORMOSA	40,9	96,0	37,9	39,7
8	LAISHI	32,3	96,0	24,5	26,7
9	TUCUMAN		99,0		61,1
10	POSADAS	23,4		61,9	
11	ITATI	24,7		59,1	
12	CORRIENTES	26,6	97,6	36,6	26,5
13	ANDALGALA		99,0		38,2
14	SANTIAGO		99,6		26,8
13	LA SABANA		98,4		39,8
16	CONCEPCIÓN	63,3	94,1	21,7	35,1
17	SANTO TOME	61,8	12,3	28,7	
18	BELLA VISTA	26,9		58,1	
19	CATAMARÇA		2,0		49,8
20	ALVEAR	63,7		36,9	
21	GOYA	27,4	1,6	59,6	50,0
22	PASO d. l. LIBRES	63,6	77,7	39,3	
25	LA RIOJA		87,5		45,8
24	CERES		99,7		58,2
25	LA PAZ	28,0		62,6	
26	CONCORDIA	64,1	9,9	38,2	
27	SANTA FE		99,2		54,3
28	PARANA	31,2	1,8	46,7	28,0
29	DEVOTO		99,7		44,9
30	PILAR		0,8		47,0
31	CORDOBA		0		57,4
32	NAVIA		97,0		55,2
33	SAN JUAN		97,3		
34	VILLA MARIA		0,5		37,9
33	RIO CUARTO		1,0		57,3
36	CACHENTA	11,6		82,3	
37	MENDOZA		96,9		56,8
38	SAN LUIS		99,0		50,1
39	ARIAS		97,8		32,5
40	CASILOA		95,5		35,2
41	ROSARIO	31,6	98,4	57,7	37,5
42	PERGAMINO		98,6		51,7
43	CAP. FEDERAL		0,8		24,5
44	LAS FLORES		87,6		35,2
45	TR. LANQUIN		0,4		33,0
46	VICTORICA		97,6		48,3
47	C. EM. MITRE		96,7		36,7
48	CHOS MALAL		58,9		51,6
49	GEN. ACHA		97,5		60,6
50	GUAMINI		96,0		29,9
51	AZUL		93,9		23,2
52	BALCARCE		96,9		25,8
53	MAR DEL PLATA		91,8		
54	TRES ARROYOS		98,3		41,3
55	NECOCHEA		90,8		28,7
36	BAHIA BLANCA		91,8		19,0
57	PICHI MAHUIDA	16,6		29,6	
58	CHOEL CHOEL	88,3	92,2	63,2	10,5
59	P. d. l. INDIOS	79,6		66,4	
60	LAS LAJAS	71,0	56,5	65,6	46,3
61	L. QUILLEN	70,0		61,8	
62	L. LOLOG	73,6		73,9	
63	PASO LIMAY	77,8		70,1	
64	BARRILOCHE		55,5		51,1
65	PATAGONES		49,7		
66	TECKA	79,8		61,8	
67	GAIMAN	79,6		76,1	
68	C. SARMIENTO	77,5	55,3	63,6	41,0
69	SANTA CRUZ		91,1		33,3

accompagnant cette Note donne une interprétation approximative des courbes d'égale importance pour les pluies seules (trait plein) et des isophases moyennes (1923-1927) pour les pluies (trait-point) et pour les cours d'eau (pointillé). Les cotes donnent la répartition des isophases en septembre,

Conclusions. — 1° L'importance relative de la composante annuelle varie entre 61,2 pour 100 (Oran) et 10,5 pour 100 (Choel-Choel), pour les pluies; et entre 82,3 pour 100 (Rio Mendoza à Cacheuta) et 21,7 pour 100 (Rio Urugay à Concepcion) pour les rivières. On voit que la composante annuelle n'est pas prépondérante en Argentine pour les pluies et que les niveaux des rivières sont généralement plus sensibles à cette composante. On a ici *un exemple de l'influence sélective de l'écoulement*.

2° L'écart de phase entre les différentes stations ne paraît pas absolument constant dans le temps. Cela peut être dû soit à la variabilité possible des trajectoires, soit à ce que les graphiques dégagés ne sont pas suffisamment purs pour un certain nombre de stations, où l'importance relative de la composante annuelle est faible. C'est la raison de l'adoption des valeurs moyennes pour la période 1923-1927.

3° Les isophases montrent une concordance générale du tracé des courbes pluviométriques et hydrométriques. La configuration du réseau fluvial explique les différences. Ainsi, la convergence du Rio Colorado et du Rio Negro dans la région Choel-Choel détermine un resserrement des isophases des cours d'eau. Ces derniers présentent un retard sur la pluie qui varie entre 70 jours dans le sud et 40 jours dans le nord du pays.

4° Le tracé des isophases révèle que la progression de la composante annuelle ne se fait pas sur un front unique, mais à partir de la Cordillère des Andes, à l'ouest, et de l'Océan Atlantique, à l'est. Il y a deux poussées qui se rejoignent à l'intérieur du pays. La comparaison avec une carte des vents en fait apparaître la cause. Le tracé des isophases exprime le fait que le vent porte la pluie. Les détails du tracé semblent se rattacher à la topographie et, peut-être, à la nature des terrains, mais on ne saurait le préciser.

5° Les courbes d'égale importance de la composante annuelle sont approximativement orthogonales aux isophases. Elles coïncident ainsi avec les lignes de courant. Donc, en Argentine, *la composante annuelle se propage en conservant la valeur relative de son amplitude*, ou bien, entre les stations, situées sur une même ligne de courant, il y a, par rapport à la composante annuelle, une différence d'échelle et non de nature du phénomène.

6° On doit noter enfin que les cours d'eau argentins ont un genre d'alimentation variable. Par rapport à la composante annuelle, le Paraguay, l'Alto Parana et l'Uruguay sont katoplymiriques (1). Les Rios

(1) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1441.

Colorado, Negro et Chubut le sont aussi sur la plus grande partie de leur cours, mais deviennent anoplymiriques en s'approchant de la côte atlantique.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Étude du champ électrique terrestre, de l'ionisation atmosphérique et du courant vertical au Scoresby Sund pendant l'Année polaire.* Note de M. **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Charles Maurain.

Parmi les trois problèmes fondamentaux de l'électricité atmosphérique : la cause de l'ionisation de l'air, le maintien du courant vertical et le mécanisme de la foudre, le premier, seul, semble résolu. Leur étude dans les régions polaires où le magnétisme terrestre, l'insolation et l'ionisation de la haute atmosphère varient considérablement, est particulièrement instructive.

Les précédentes expéditions polaires avaient donné des résultats assez contradictoires, semblant établir, toutefois, l'existence, dans ces régions, d'une plus forte ionisation et d'un plus grand courant vertical que sous nos latitudes.

I. Le champ électrique a été enregistré, au Scoresby Sund, en deux stations distinctes, distantes de 600^{m}, au moyen d'électromètres Benndorf, munis de prises de potentiel à l'ionium. Les moyennes horaires ont été mesurées à l'intégraphe par M. Guiraud, météorologiste principal à l'Office National Météorologique. Parmi les 8369 valeurs horaires retenues, 2 pour 100 sont négatives. Toutes, à l'exception de celles trop fortement perturbées par les conditions météorologiques, ont été utilisées pour la statistique.

La moyenne annuelle du champ, au niveau de la mer, est de 71 volts par mètre, avec un maximum en octobre-novembre (95 V/m) et un minimum en avril-mai (59 V/m). La variation diurne présente une onde simple avec un maximum à 18^{h} Gr. et un minimum à 2^{h}. Elle est très accusée pendant la nuit polaire (89 ± 15 V/m). Son amplitude diminue au printemps (février : 21 V/m), (avril : 6 V/m). Elle s'annule en mai pour le minimum de champ et croît de nouveau en juillet (27 V/m).

Le champ est perturbé par le vent, la nébulosité et les précipitations. *Il n'est pas influencé par l'aurore polaire.* Il est donc, au Scoresby Sund,

plus faible que sur les océans (>100 V/m) et comparable à ce qu'il est, dans nos régions, aux altitudes de 2 à 3^{km}. La disparition de la variation diurne au début du jour polaire est un fait nouveau remarquable.

II. La conductibilité due aux petits ions a été mesurée quotidiennement, au moyen d'appareils de Gerdien, à 0^h et à 12^h Gr. (644 mesures). En outre, 52 enregistrements durant 24 heures ont été effectués. La conductibilité due aux ions positifs est presque toujours supérieure à celle due aux ions négatifs, le rapport moyen annuel étant 1,3. La moyenne annuelle est égale à $2,46.10^{-4}$ sec^{-1}. Elle est constante de novembre à mai (2,2), puis croît, dès la fonte des neiges, jusqu'en août (3,5). Elle présente une variation diurne opposée à celle du champ, le rapport des conductibilités observées à 0^h et à 12^h étant 1,3. Cette variation disparaît en avril-mai avec celle du champ.

La conductibilité est influencée (1) par les conditions météorologiques modifiant le nombre des noyaux de condensation et la mobilité des ions. La pluie, par exemple, se traduit par une réduction considérable de la seule conductibilité due aux ions positifs entraînant l'apparition d'un champ négatif.

L'aurore n'a aucune influence sur la conductibilité au niveau de la mer.

III. Quelques mesures de la densité des petits ions et de leur mobilité, effectuées au moyen d'un appareil d'Ebert, ont donné des valeurs voisines de 10^3, le rapport des nombres d'ions positifs et négatifs étant 1,4 (effet d'électrode du sol dû au courant vertical). La mobilité des ions négatifs ($u- = 1,3$ cm.sec^{-1}) est supérieure à celle des ions positifs ($u+ = 0,9$ cm.sec^{-1}). La conductibilité correspondante est interprétée quantitativement par l'intensité des rayons cosmiques ($q = 2,8$ paires d'ions $cm^{-3}.sec^{-1}$) et l'accroissement de la conductibilité observé en été est dû à l'ionisation produite par les rayons γ ($q = 3$ paires d'ions $cm^{-3}.sec^{-1}$) issus du gneiss constituant la roche en place (2).

La conductibilité normale, au Scoresby Sund ($\lambda = 2,2.10^{-4}$ sec^{-1}) *est donc inférieure à la moyenne trouvée sur les Océans* ($\lambda = 3,0.10^{-4}$ sec^{-1}) *et comparable aux valeurs relevées sur les continents. Elle est uniquement attribuable aux rayons cosmiques. Les fortes conductibilités précédemment*

---

(1) Valeurs extrêmes observées : $0,10.10^{-4}$ $sec^{-1} < \lambda < 6,0.10^{-4}$ sec^{-1}.

(2) M. A. Lepape, qui a bien voulu examiner la teneur en radium de ce gneiss, a trouvé une valeur élevée : $10,6.10^{-12}$ gr Ra par gramme de roche, correspondant précisément à l'intensité de rayons γ observée.

observées dans les régions polaires en été sont dues à la radioactivité du sol (*roches volcaniques*).

IV. Le courant vertical a été étudié par deux méthodes ayant conduit au même résultat : la méthode statistique utilisant les moyennes mensuelles du champ et de la conductibilité et des mesures directes simultanées de ces deux facteurs. La moyenne annuelle est égale à $1,7.10^{-16}$ A.cm^{-2}, très inférieure à la valeur observée sur les Océans ($i = 3,0.10^{-16}$ A.cm^{2}). *L'existence d'un grand courant vertical dans les régions polaires n'est donc pas confirmée*. La variation annuelle présente une onde simple, avec un minimum aplati à l'équinoxe de printemps et, probablement, un maximum à l'équinoxe d'automne. Le courant vertical présente une variation diurne ($i_{0\,h}/i_{12\,h} = 1,16$) disparaissant en avril-mai analogue à celle de la conductibilité.

Le champ électrique terrestre est dû à ce courant vertical, entretenu par une force électromotrice d'origine cosmique. *Sa faible valeur au Scoresby Sund résulte, non d'une conductibilité atmosphérique plus grande, mais de l'existence d'un courant vertical moindre dans les régions polaires.*

PALÉONTOLOGIE. — *Le type dentaire jugal du* Pteromys xanthipes. Note de Mlle MADELEINE FRIANT, présentée par M. Charles Jacob.

On s'accorde généralement à considérer que les formes dentaires jugales des Sciuridés, regardés comme les plus archaïques des Rongeurs actuels, se rattachent au type trituberculaire. Or, dans une Note précédente, j'ai montré que chez une espèce du genre *Paramys*, considéré comme le plus primitif des Rongeurs fossiles (*Paramys delicatior* Leidy, Éocène moyen de l'Amérique du Nord), la molaire supérieure vierge, loin d'être trituberculaire, était constituée de six tubercules disposés en trois rangées longitudinales.

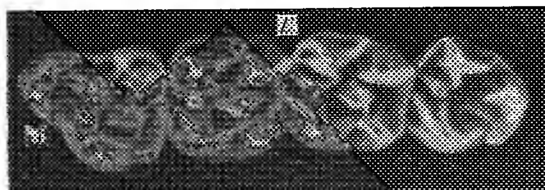
Une telle disposition n'avait pu être observée, jusqu'ici, chez aucun Rongeur actuel.

Ayant eu l'occasion d'examiner la dentition jugale vierge du *Pteromys xanthipes* A. M. Edw., de la Chine, j'ai constaté qu'elle était très différente de celle des autres *Pteromys* (*Pt. elegans* Temm., *Pt. leucogenys* Temm., *Pt. melanopterus* A. M. Edw., *Pt. petaurista* Pall., etc.,).

Chez ces derniers, les molaires sont très comparables à celles des Écu-

reuils en général : elles présentent des crêtes transversales, ainsi qu'il est de règle chez les Rongeurs

Mais, chez le *Pteromys xanthipes* A. M. Edw., les dents jugales sont du même type que chez le *Paramys delicatior* Leidy, c'est-à-dire que les molaires supérieures ont six tubercules disposés en trois rangées de deux tubercules, et les molaires inférieures, quatre tubercules, disposés en deux rangées de deux tubercules. Ceci reproduit exactement la disposition den-



Pteromys xanthipes A. M. Edw. (jeune). — Coll. Mammalogie, Museum, Paris. Prince Henri d'Orléans, 1896 (Chine-Montagnes du Tchéli) : Dents jugales supérieures gauches peu abrasées. D'avant en arrière : 2° molaire temporaire, Mt^4; 1re molaire définitive, M^1; 2e molaire définitive M^2; 3e molaire définitive, M^3. La 1re molaire temporaire, Mt^3, n'est pas visible ici. Grossissement de 5 fois environ.

taire qui s'observe à la base de tous les grands groupes mammaliens du début de l'Éocène (*Hyopsodus*, *Notharctus*, *Arctocyon*, *Phenacodus*).

Les seules particularités qu'il y ait à signaler sont :

1° aux molaires supérieures, la réduction du tubercule postéro-interne (hypocone des trituberculistes) qu'on observe s'accentuant de plus en plus lorsque l'on va de la première à la troisième molaire; ceci n'implique nullement une dérivation d'un type trituberculaire; c'est un cas particulier d'une loi très générale : le tubercule postéro-interne se réduit normalement et de plus en plus de l'avant vers l'arrière chez tous les types dont les molaires supérieures sont faites de six tubercules;

2° aux molaires inférieures, la présence de deux tubercules supplémentaires beaucoup plus petits que les autres, l'un postérieur qui est l'analogue de celui qui existe chez le *Pseudosciurus* de l'Éocène supérieur d'Europe, l'autre externe, situé entre les deux tubercules externes.

L'existence de cette disposition archaïque, signalée pour la première fois chez un Rongeur actuel, est importante à noter, car le genre *Pteromys* est, abstraction faite de son adaptation au vol passif, considéré comme une forme primitive de la famille des Sciuridés, qui serait elle-même la plus archaïque des familles de Rongeurs actuels.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Modifications de l'insertion des radicelles dans des racines traumatisées.* Note [1] de Mlle **Madeleine Fourcroy**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

J'ai montré [2] que, si l'on pratique une lésion dans le point végétatif d'une racine en voie de croissance, il en résulte, dans le développement de cette racine, des modifications anatomiques qui se constatent encore à une distance considérable au-dessus du point lésé; une des caractéristiques principales de ces modifications consiste en phénomènes d'accélération dans l'évolution de l'appareil conducteur.

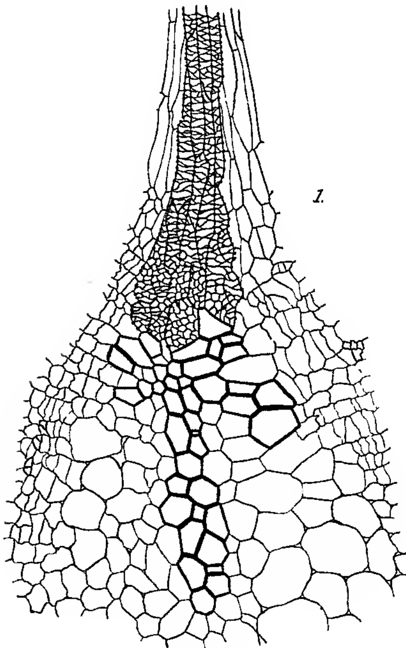


Fig. 1.

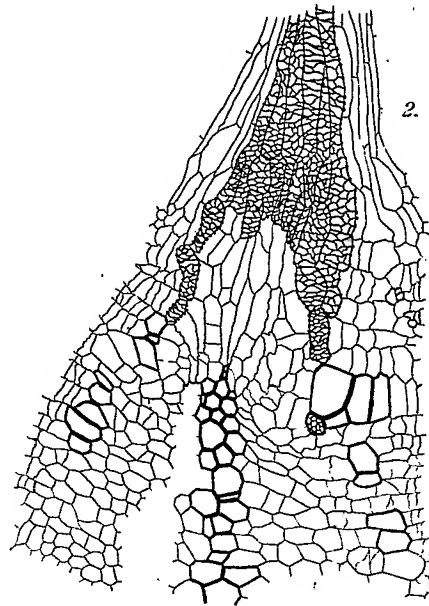


Fig. 2.

La présente Note a pour objet de montrer que des phénomènes d'accélération peuvent intéresser non seulement la racine lésée, mais encore les radicelles qui y prennent naissance, même à un niveau très éloigné du

(1) Séance du 17 juin 1935.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 210; *C. R. Soc. Biol.*, **113**, 1933, p. 308; **115**, p. 506 et 917; **117**, 1934, p. 1052.

point lésé. Les figures ci-dessus représentent les insertions comparées de deux radicelles de Lupin blanc : l'une (1) chez une racine normale, l'autre (2) chez une racine dont le point végétatif a été mis au contact, pendant quelques secondes, avec une solution concentrée d'acide formique. Les deux racines sont de même âge et les coupes ont été faites à des niveaux comparables (8cm environ au-dessus du point végétatif); à ce niveau, l'action destructive du traumatisme n'est plus représentée que par la rupture de quelques éléments parenchymateux proches des vaisseaux alternes.

Chez la racine normale, on voit que le faisceau vasculaire de la radicelle est en communication *directe* avec un faisceau vasculaire de la racine mère; cette communication est assurée par la différenciation d'éléments courts rayonnant autour des premiers éléments de la phase alterne et uniquement autour d'eux à ce niveau. Au contraire, dans la racine traumatisée, le raccordement direct sur le faisceau alterne de la racine mère n'est pas réalisé; les éléments qui normalement auraient assuré le raccord sont restés parenchymateux : c'est *latéralement* que la relation vasculaire s'établit avec des vaisseaux superposés et secondaires précocement formés dans la racine mère, ainsi qu'elle se surajouterait ultérieurement, à un stade plus avancé de l'évolution normale, dans l'espace comme dans le temps, au raccord direct représenté dans la figure 1.

Un tel fait constitue indubitablement un phénomène d'accélération. Il est intéressant de constater une fois de plus, et en l'étendant de la racine mère elle-même à ses ramifications, la constance de ces phénomènes d'accélération dans l'évolution vasculaire d'une racine traumatisée. Ainsi que je l'ai déjà montré, le liquide toxique transporté par les vaisseaux primitifs de la racine mère a provoqué la formation hâtive de vaisseaux superposés secondaires; cette même présence du toxique a empêché la différenciation des éléments destinés normalement à assurer le raccord direct; le faisceau vasculaire de la radicelle se trouve alors obligatoirement relié, pour assurer la continuité de la conduction, à ces vaisseaux de nouvelle formation non porteurs de toxique.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le potentiel d'oxydo-réduction des farines.* Note (¹) de MM. **Pierre Potel** et **Raymond Chaminade**, présentée par M. Émile Schribaux.

L'addition de très petites quantités d'oxydants ou de réducteurs modifie considérablement les propriétés plastiques des pâtes de farine enregistrées par l'extensimètre de Chopin (¹). Ceci nous a conduits à rechercher si ces propriétés sont liées à un potentiel d'oxydo-réduction des farines.

I. *Existence d'un potentiel d'oxydo-réduction des farines.* — Les déterminations du potentiel d'oxydo-réduction présentent certaines difficultés du fait que, d'une part, des farines sont peu tamponnées vis-à-vis du rH et, d'autre part, que des fermentations, prenant rapidement naissance dans le milieu, viennent perturber les mesures. Il est donc nécessaire d'obtenir un équilibre rapide. Nous nous sommes arrêtés à la technique suivante :

Technique. — Une suspension de farine est préparée en atmosphère d'azote pur par mélange de 1 partie de farine et de 1,5 partie d'une solution tampon de pH 6,2 constituée par un mélange de phosphates mono et disodique. On ajoute 20^{cm^3} de toluène pour retarder les fermentations. L'ensemble est maintenu à l'abri de l'oxygène par une couche d'huile de vaseline.

On suit la variation du potentiel d'une électrode de platine constituée par un fil d'un diamètre de $0^{mm},6$ et de 5^{cm} de long, plongé dans la suspension, celle-ci étant maintenue à la température de 30° dans un thermostat. Dans ces conditions, les électrodes prennent au bout d'un temps d'environ 2 heures un potentiel stable et reproductible, caractérisant la présence dans le milieu, d'un système oxydo-réducteur. L'équilibre observé se maintient un certain temps, puis est détruit par l'apparition des fermentations.

Résultats. — Nous avons appliqué la technique précédente à un certain nombre de farines de blé présentant de notables différences dans leurs propriétés plastiques.

Les résultats obtenus conduisent aux conclusions suivantes :

1° Les pâtes de farine ont un potentiel d'oxydo-réduction caractérisant un milieu réducteur.

2° Pour les farines de blé, l'intervalle de variation de rH est relativement restreint. Il reste compris entre rH 15,2 et rH 16,4.

3° La farine extraite des parties périphériques du grain a un rH plus bas (15,5) que celle extraite de l'amande (16,4).

(¹) Séance du 17 juin 1935.

4° La farine de seigle a un rH plus élevé que celle de blé (17,8).

5° La farine de fèves et le germe de blé sont très réducteurs. (rH 6,3) (rH 7).

II. *Influence du potentiel d'oxydo-réduction des farines sur les propriétés plastiques des pâtes.* — Il n'apparaît pas de relation étroite entre le rH et les propriétés plastiques des pâtes. En effet, le rH des farines variant peu, l'influence d'autres facteurs devient prépondérante.

Pour mettre en évidence l'importance du potentiel d'oxydo-réduction des farines, nous avons effectué les expériences suivantes :

a. Essais à l'extensimètre de farines nettement différentes, amenées au même rH. — Ceci a été réalisé par addition de quinhydrone lors du pétrissage de la pâte. Dans ces conditions, les farines présentent entre elles de notables différences dans leurs caractéristiques P., G., W. Les propriétés plastiques des pâtes dépendent donc d'autres facteurs que le rH.

b. Essai à l'extensimètre d'une même farine amenée à différents rH. — A cet effet la farine a été additionnée de très faibles quantités d'eau oxygénée; le tableau suivant résume cet essai

	Extensimètre.				
	P.	G.	W.	EH.	rH.
Farine témoin	51	18,5	122	+0,115	16,4
Farine + 0cm³,1 de H^2O^2 à 20vol pour 100 g de farine	88	16	173	+0,200	19,3
Farine + 0cm³,2 de H^2O^2 à 20vol pour 100 g de farine	99	15	182	+0,430	27

Ces résultats démontrent que, parallèlement aux importantes modifications des propriétés plastiques des pâtes produites sous l'influence de l'addition de très faibles quantités d'eau oxygénée, on observe des variations considérables de rH.

En résumé, les farines de blé présentent une certaine constance de leur potentiel d'oxydo-réduction. Celui-ci représente cependant un facteur important de leurs qualités, facteur que l'on peut modifier considérablement par addition de très faibles quantités de substances oxydantes ou réductrices. D'une manière générale, les actions oxydantes augmentent la ténacité des pâtes de farine, tandis que les actions réductrices agissent en sens inverse [1].

---

(1) Potel, *C. R. Ac. Agri.*, 20, 1934, p. 810.

La considération des propriétés d'oxydo-réduction nous apparaît donc comme un élément d'appréciation susceptible de guider la meunerie, en vue de l'obtention de types bien définis de farine, ainsi que la boulangerie dans l'adaptation de la fermentation aux exigences de la panification.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches physiologiques sur les Protozoaires, faites au moyen de la micropuncture ultraviolette.* Note de M. **Serge Tchakhotine**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les êtres unicellulaires présentent un grand intérêt, du point de vue de la Cytologie expérimentale, parce que, d'une part, chez eux, toutes les caractéristiques essentielles de la vie peuvent être facilement soumises à l'expérimentation; d'autre part, beaucoup d'entre eux, tout en pouvant, jusqu'à un certain point, être comparés physiologiquement aux cellules des Métazoaires, sont néanmoins d'une taille plus grande que ces dernières et se prêtent plus facilement à l'expérimentation individuelle. On a expérimenté déjà souvent avec ces objets, depuis les expériences classiques de Maupas, Balbiani, Verworn, mais c'est surtout dans ces derniers temps, où la microexpérimentation est à l'ordre du jour, grâce au progrès des techniques modernes, que l'emploi des Protozoaires, comme objets d'expérimentation, est devenu de plus en plus fécond.

Une certaine difficulté de l'expérimentation réside dans la mobilité de beaucoup de ces êtres. On a essayé de les immobiliser, en les mettant dans un milieu plus ou moins dense (Statkewitsch), ou bien en les anesthésiant, (mais cela peut introduire des causes d'erreur dans l'interprétation). Dans mes recherches sur les Protozoaires, au moyen de ma méthode de *micropuncture ultraviolette*, je les immobilise dans un micro-compresseur, qui permet de régler, sous le microscope, la compression avec assez de précision. On peut facilement et en peu d'instants les y introduire, les comprimer, les irradier et ensuite, après avoir supprimé la compression, les tirer de l'appareil sans leur nuire, et les mettre dans une chambre d'observation, où ils restent désormais, et où l'on peut suivre à long terme leurs réactions ultérieures (mouvements, multiplication, etc.).

La micropuncture ultraviolette fut réalisée avec les rayons de $\lambda = 280^{\mu\mu}$, l'intensité du courant primaire était de 5 ampères, la distance entre les électrodes en magnésium de 1^{mm}; le diamètre du faisceau irradiant variait de 5^{μ} à 10^{μ}. Les formes qui me servirent à l'expérimentation, furent :

Amœba proteus et *A. verrucosa*, *Arcella vulgaris*, *Paramecium caudatum*, *Paramecium bursaria*, *Stentor cœruleus* et *S. rœselii*, *Stylonychia mytilus*, *Euplotes charon*, *Urotricha grandis*, *Spirostomum ambiguum*, *Blepharisma undulans*, *Climacostomum virens*, *Loxodes rostrum*, *Dileptus anser*, *Loxophyllum meleagris*, *Frontonia leucas*, *Vorticella* sp., *Epistylis* sp., *Opalina ranarum*, *Colpidium colpoda*, *Actinosphærium Eichhornii*, *Actinophrys sol*.

On observe de grandes différences de réaction à la lumière ultraviolette localisée sur un point de la surface du corps, en ce qui concerne la durée d'irradiation nécessaire à ce qu'une réaction soit enregistrable : tandis que la *Paramécie* réagit en 5 secondes environ, le *Spirostomum* se contracte presque instantanément, le *Stentor* seulement au bout de 15 secondes, l'*Actinosphærium* en 10 secondes.

Très caractéristiques sont les différentes *modalités de réaction* à la micropuncture. Chez l'*Amibe*, l'irradiation de l'extrémité d'un pseudopode en mouvement progressif, arrête instantanément le courant cytoplasmique et, après un très court laps de temps, on voit le courant reprendre son flux en direction opposée et le pseudopode se rétracter. Chez *Actinosphærium*, on observe une désagrégation et une liquéfaction des pseudopodes et de la couche vacuolaire ectoplasmique dans le point piqué : la partie détruite est englobée par l'intérieur de la cellule et les pseudopodes voisins s'inclinent vers la plaie.

Des Infusoires, le *Spirostomum*, comme le *Stentor*, répondent à la micropuncture par une contraction brusque de tout leur corps; la Paramécie, si elle est laissée libre de se mouvoir, réagit par un mouvement de fuite. Si elle est comprimée, elle accuse une rétraction locale de la partie du cytoplasme, à l'endroit piqué. *Frontonia*, *Loxodes*, *Dileptus*, *Loxophyllum* et aussi des *Hypotriches*, par exemple *Euplotes*, éclatent au point piqué et laissent échapper localement quelque peu de cytoplasme; un écoulement de ce dernier s'observe aussi chez *Spirostomum*, à son extrémité; si l'on cesse l'irradiation, la plaie se referme aussitôt, en formant une pellicule limitante, qui entoure une protubérance de la paroi du corps, persistante pendant un certain temps et peu à peu réenglobée par le cytoplasme. Chez certains Infusoires, on n'observe pas de réaction locale, morphologiquement visible au premier abord, mais l'effet nocif de l'irradiation prolongée se manifeste ultérieurement par la désagrégation totale du cytoplasme (*Colpidium*), ou par l'arrêt des mouvements (*Opalina ranarum*).

L'irradiation de la région de la *vacuole pulsatile*, chez *Paramecium caudatum*, amène la suspension de ses pulsations et l'augmentation de son

volume : elle se gonfle, mais son contenu n'est pas évacué; les parties protéiques du cytoplasme sont coagulées par la lumière et le pore excréteur est obstrué. Chez *Euplotes*, la vacuole est détruite et toute la région éliminée; il se forme aussitôt une nouvelle vacuole.

L'irradiation des régions couvertes des *cils vibratiles* a des effets divers : chez *Paramecium* et *Frontonia*, il y a projection locale des trichocystes, et arrêt localisé du battement des cils; ceci du reste aussi chez d'autres Infusoires. Chez *Climacostomum*, comme aussi chez *Stentor*, on peut, en faisant passer le rayon tout le long de la zone adorale, détacher toute la rangée de ses membranelles ou gros cils, un à un du corps, c'est-à-dire qu'on peut les raser, en quelque sorte. Chez les *Hypotriches*, les cirres mêmes ne sont pas altérés par la piqûre, mais on observe parfois le déclenchement d'un mouvement. Si l'on irradie à leur base le point d'insertion dans le cytoplasme, leurs mouvements cessent. Les membranelles et les gros cils sont parfois liquéfiés.

En irradiant le *Climacostomum* ou le *Spirostomum*, immobilisés par compression, par la micropuncture, à laquelle on a donné la forme d'un trait étroit allongé, ou en déplaçant la préparation, au moyen de la platine à chariot, plusieurs fois en avant et en arrière, on provoque une contraction locale de la zone irradiée, traversant en son milieu le corps du Protozoaire, et l'on arrive à le *couper en deux*, à le scier en quelque sorte par la lumière : les deux moitiés de la cellule se détachent et, si l'on supprime alors la compression, elles se déplacent, en nageant, chacune pour soi.

PHARMACOLOGIE. — *Sur la toxicité relative de la pyréthrine I et de la pyréthrine II*. Note ([1]) de MM. **Jean Ripert** et **Olivier Gaudin**, présentée par M. Louis Lapicque.

Par la méthode de Staudinger et Ruzicka nous avons pu préparer des pyréthrines I et II pures qui présentaient les caractéristiques physiques et chimiques décrites par ces auteurs. Mais leur toxicité était tellement inférieure à celle du mélange de pyréthrines extraites de la plante par des voies physiques que nous avons abandonné ces produits et avons préparé des pyréthrines pures par voie physique.

Suivant le principe indiqué par l'un de nous ([2]), nous avons pratiqué

([1]) Séance du 17 juin 1935.

([2]) J. Ripert, *Annales des Falsifications et des Fraudes*, n°s 283-284, 1932, p. 395.

l'extraction au moyen du pétrole. Nous avons ainsi obtenu, dans une première opération, un mélange de pyréthrines I et II pures contenant 50 pour 100 de pyréthrine I et 50 pour 100 de pyréthrine II. La pyréthrine II a été extraite de ce produit de base par lavages fractionnés à l'alcool méthylique à 82°. On prend 50^{g} du mélange de pyréthrines pures qui sont dissous dans 1 litre de pentane pur. Cette solution est lavée cinq fois de suite avec $0^{l},500$ d'alcool méthylique à 82°; l'alcool est hydraté, et la pyréthrine extraite ensuite par l'éther de pétrole (pentane). Cette solution dans l'éther de pétrole, après séchage sur sulfate de soude, est refroidie à —50°, la pyréthrine II précipite. Après reprise dans l'éther de pétrole et nouvelles précipitations par le froid, la pyréthrine II est reprise dans le chloroforme; elle accuse une pureté de 98,9 pour 100.

Les éthers de pétrole s'enrichissent en pyréthrine I et sont, à leur tour, refroidis à —120°. La pyréthrine I reste en solution dans l'éther de pétrole et est obtenue avec une pureté de 96 pour 100.

Sur ces pyréthrines et leur mélange, nous avons mesuré la toxicité à l'aide de la méthode de l'un de nous sur les Poissons (¹). Nous nous sommes aperçus que le phénomène d'excitation et de retournement du poisson, pris comme test dans cette méthode, était causé uniquement par la pyréthrine II et que la pyréthrine I produit chez le Poisson une paralysie lente sans période d'excitation. Devant ces résultats, nous avons abandonné cet objet et mesuré la toxicité sur la Grenouille, suivant la méthode de Trevan. Par cette méthode, nous avons trouvé que, pour obtenir 50 pour 100 de morts, il était nécessaire d'injecter, dans l'état actuel de nos Grenouilles, $0^{mg},75$ de pyréthrine II par kilogramme d'animal, $0^{mg},80$ de pyréthrine I et $0^{mg},66$ du mélange contenant 50 pour 100 de pyréthrine I et 50 pour 100 de pyréthrine II. Il ressort de ces mesures sur Grenouilles que la pyréthrine II est légèrement plus toxique que la pyréthrine I et que le mélange des pyréthrines est plus toxique que chacune des deux pyréthrines isolées.

(¹) O. Gaudin et B. Carron, *Bull. Société de Thérapeutique*, 14e série, 38, 1933, p. 75.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Caractères des intersexués obtenus expérimentalement chez l'embryon de Poulet.* Note de MM. **Étienne Wolff** et **Albert Ginglinger**, présentée par M. M. Caullery.

Nous avons réussi (¹) à transformer tous les mâles génétiques en intersexués plus ou moins féminisés, en injectant à l'embryon de Poulet, avant le septième jour, une quantité suffisante d'hormone femelle (environ 100 U. I.). Dans ces conditions, sur 79 embryons qui ont dépassé le quinzième jour de l'incubation, abstraction faite de 3 poussins éclos dont nous ne connaissons pas encore le sexe, nous avons obtenu 42 femelles (ou mâles complètement féminisés), 34 intersexués, aucun mâle. Compte tenu d'autres expériences, dans lesquelles nous avons fait varier la dose et le moment de l'intervention, nous sommes actuellement en possession de 49 intersexués de plus de 15 jours, que nous pouvons classer suivant plusieurs types réalisant tous les intermédiaires possibles entre les mâles et les femelles. Leurs caractères concernent à la fois les gonades et les conduits génitaux femelles.

I. *Intersexués du type I* (intersexués faibles). Total : 10. — Ils sont caractérisés exclusivement par leurs gonades.

Celle de gauche est aplatie à la manière d'un ovaire ; elle s'étale sur le corps de Wolff, dont elle moule la face interne. Son bord est mince, transparent, par opposition à la région centrale plus opaque et présente de petites expansions crénelées.

La gonade droite est allongée, grossièrement cylindrique, en général renflée à son bout distal, terminée en pointe du côté proximal. Elle est lisse et surélevée par rapport au corps de Wolff. Elle est de deux à trois fois moins large que la gonade gauche, mais plus épaisse et plus ramassée. Elle ressemble beaucoup à un testicule, mais à un testicule d'embryon de quelques jours plus jeune (12 à 14 jours).

En gros, la gonade gauche a l'aspect d'une planaire, celle de droite évoquerait plutôt un nématode. Il est des cas où cette différence est beaucoup moins marquée et se réduit à une légère asymétrie, plus accentuée toutefois que l'asymétrie normale des deux testicules. On pourrait douter qu'il s'agisse là d'intersexués, si l'examen histologique n'en fournissait la démonstration : la glande gauche est en effet un *ovotestis*, la glande droite ayant comme toujours la structure d'un testicule.

(¹) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2118.

Les intersexués du type I ne présentent pas de trace des canaux de Müller.

2. *Intersexués du type II*. Total : 9. — Les caractères des glandes des intersexués du type I sont valables pour tous les groupes. Les différences entre la glande droite et la glande gauche s'accusent en même temps que le degré d'intersexualité : l'une régresse d'autant plus que l'autre se développe plus. On se rapproche ainsi de la constitution des femelles typiques.

Les différences entre les types II, III et IV sont surtout fondées sur la structure des conduits génitaux. Dans le type II, on trouve des tronçons rudimentaires des canaux de Müller. Les segments le plus souvent développés sont les trompes. Celle de droite est située au voisinage de l'extrémité distale du corps de Wolff, ce qui indique une régression de son bout céphalique. Le reste des canaux de Müller (région moyenne et caudale) est filiforme ou n'est pas visible.

3. *Intersexués du type III*. Total : 8. — Dans ce type, on peut suivre le canal de Müller gauche sur tout son parcours. Il présente une alternance de tronçons renflés et de tronçons filiformes; les parties les plus développées sont la région des trompes et l'extrémité cloacale renflée en une véritable glande coquillière. Entre ces deux tronçons, le canal de Müller est filiforme, mais il présente sur son parcours de soudaines et curieuses dilatations formant chapelet. Le canal de Müller droit a le même aspect, mais il est beaucoup plus court, par suite de la régression de son bout proximal. Il est toutefois plus long que le canal de Müller droit d'une femelle normale.

4. *Intersexués du type IV* (intersexués forts). Total : 22. — Ces intersexués se rapprochent beaucoup des femelles typiques. Dans certains cas, il est très difficile, ou même impossible de les en distinguer. Il y a vraisemblablement, parmi les embryons classés dans les femelles typiques, des mâles complètement transformés. Leur glande gauche a l'aspect d'un ovaire, mais couvre une moins grande surface que celui d'une femelle. Leur glande droite est très étroite, ou même vestigiale. Le canal de Müller gauche est bien développé sur toute son étendue; son calibre est celui de l'oviducte d'une femelle normale. Mais la glande coquillière est généralement moins dilatée. De plus on observe parfois de légères constrictions, de petites irrégularités de calibre en certains points. Le canal de Müller droit est réduit à son extrémité cloacale; il est un peu plus long que le vestige que l'on observe chez les femelles normales.

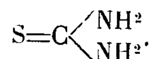
La structure histologique de la gonade gauche de ces intersexués se rapproche de celle de l'ovaire de la femelle normale.

5. *Témoins.* — Injections d'huile pure, ou d'eau à 84 témoins : 43 mâles typiques, 41 femelles; aucun intersexué.

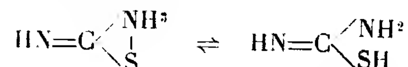
CONCLUSION. — L'injection de folliculine aux embryons de Poulet permet d'obtenir, à partir des mâles génétiques, toute une série d'intermédiaires entre les mâles et les femelles typiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'absence de dissociation de la sulfo-urée et des sulfo-urées substituées en solution aqueuse diluée.* Note (¹) de MM. **Paul Cristol**, **Raymond Seigneurin** et **Jean Fourcade**, présentée par M. Alexandre Desgrez.

Nos constatations (²) sur les solutions aqueuses d'urée de concentrations inférieures à 5^g pour 1000 nous ont amenés à nous demander comment les dérivés substitués de l'urée se comportent en solution diluée. Nos recherches ont porté sur la sulfo-urée, la méthyl-, l'éthyl- et l'allylsulfo-urée. Dans ces dérivés, l'atome d'oxygène du groupement O=C< est remplacé par un atome de soufre S=C< , ce qui est représenté par la formule classique de la sulfo-urée



D'après Werner (³), en solution neutre, la sulfo-urée peut se trouver en équilibre sous les deux formes moléculaires



analogues à celles de l'urée elle-même.

Dans le cas où un tel équilibre existerait pour la sulfo-urée et ses dérivés, on devrait observer les mêmes anomalies des points cryoscopiques, de la conductibilité et du pH qui ont fait l'objet de notre dernier travail.

Or les résultats suivants :

(¹) Séance du 17 juin 1935.

(²) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1369.

(³) *The Chemistry of Urea*, London, 1923, p. 101.

I. — *Cryoscopie* (mesurée en °C.)
(c, degrés calculés; m, degrés mesurés).

Concentration (g pour 1000).	Urée. c.	Urée. m.	Sulfo-urée. c.	Sulfo-urée. m.	Méthyl-sulfo-urée. c.	Méthyl-sulfo-urée. m.
1	−0,031	−0,045	−0,024	−0,025	−0,020	−0,019
5	−0,154	−0,164	−0,121	−0,120	−0,102	−0,100
10	−0,308	−0,315	−0,242	−0,250	−0,205	−0,190

Concentration (g pour 1000).	Éthyl-sulfo-urée. c.	Éthyl-sulfo-urée. m.	Allyl-sulfo-urée. c.	Allyl-sulfo-urée. m.	Biuret. c.	Biuret. m.
1	−0,018	−0,015	−0,016	−0,025	−0,018	−0,015
5	−0,088	−0,090	−0,08	−0,105	−0,088	−0,075
10	−0,180	−0,185	−0,16	−0,175	−0,180	−0,150

II. — *Conductibilité* (en mho/cm : $cm^2 . 10^{-6}$ à 18° C.).

Concentration (g pour 1000).	Urée.	Sulfo-urée.	Méthyl-sulfo-urée.	Éthyl-sulfo-urée.	Allyl-sulfo-urée.	Biuret.
0	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
0,5	5,0	4,0	5,4	8,0	4,3	7,0
1,0	5,6	5,4	7,0	14,3	4,9	8,2
2,0	7,2	7,0	–	–	–	–
2,5	–	–	5,4	25,3	5,3	11,2
5,0	4,6	10,0	7,7	45,0	5,8	16,0
8,0	5,5	17,0	8,6	77,0	6,1	21,0
10,0	6,1	–	28,0	83,0	6,1	23,0

III. — *Concentration en ions hydrogène* (en pH).

Concentration (g pour 1000).	Urée.	Sulfo-urée.	Méthyl-sulfo-urée.	Éthyl-sulfo-urée.	Allyl-sulfo-urée.	Biuret.
0	6,25	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
0,5	5,95	7,1	7,1	7,0	7,2	7,0
1,0	5,95	7,0	7,2	7,1	7,4	6,9
2,0	5,90	6,9	7,0	7,1	7,15	6,8
5,0	5,95	6,8	6,9	7,0	7,3	6,6
10,0	5,95	–	6,9	6,9	7,2	6,5
20,0	6,30	–	–	–	–	–

montrent qu'il n'en est rien, et nous devons conclure que, contrairement à l'urée, la sulfo-urée et ses dérivés (sauf peut-être l'allyl-sulfo-urée, pour laquelle nous n'avons eu qu'un échantillon dit pur du produit commercial connu sous le nom de thiosinamine) n'existent pas en solution diluée et

neutre sous la forme $HN=C\left\langle{NH^2 \atop SH}\right.$ susceptible d'ionisation. Les deux seules formes possibles dans de telles conditions sont donc soit la forme $S=C\left\langle{NH^2 \atop NH^2}\right.$, soit la forme $HN=C\left\langle{NH^3 \atop |\atop S}\right.$, cette dernière étant la plus probable, d'après les travaux de Werner.

Enfin nous ferons remarquer qu'en solution aqueuse diluée, le biuret, ne pouvant exister que sous les deux formes tautomères :



ne présente aucune des irrégularités signalées pour l'urée, ce qui confirme encore les conclusions de notre précédente Note.

A 15h50m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h35m.

E. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE MAI 1935.

Recherches anthropométriques sur la croissance des parties du corps, par PAUL GODIN. Paris, Amédée Legrand, 1935; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. Charles Richet.)

Recherches sur la fertilisation effectuées en 1934 par les stations agronomiques. Douai, Imprimerie A. Lunven, 1935; 1 vol. 25cm.

IVe Congrès international technique et chimique des industries agricoles. Bruxelles, 15-28 juillet 1935. Paris, Secrétariat de la Commission internationale des Industries agricoles; 1 fasc. 24cm.

Sur les ensembles polyédroïdes à un nombre quelconque de dimensions, par J. DERUYTS. Bruxelles, Marcel Hayez, 1935; 1 fasc. 25cm,5.

Le problème de la dérivée oblique en théorie du potentiel, par G. BOULIGAND, G. GIRAUD et P. DELENS. Paris, Hermann et Cie, 1935; 1 vol. 25cm,5. (Présenté par M. E. Cartan.)

Pacific Science Association. *Proccedings of the Fifth Pacific science Congress.* Victoria. B. C., June 1-4, Vancouver. B. C., June 5-14, Post-Congress Tour, June 5-19, Canada, 1933. Édité par le Secrétariat général; 5 vol. 24cm.

La bouche et ses rapports avec le visage, le front, le nez et le menton, par CHARLES PERRIER. Lyon, Société anonyme de l'Imprimerie A. Rey, 1935; 1 vol. 25cm,5.

La scienza relativa all'esperunza i principii della meccanica come veri in senso relativo all'esperienza invece che assoluto, par GAETANO IVALDI. Extrait de la Revue « l'Industria ». Vol. XLVIII, nos 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 1934; vol. XLIX, no 1, 1935. Genova, Piazza Corvetto; 1 fasc. 34cm,5.

Travaux de la station biologique de Roscoff publiés par CHARLES PEREZ. Fasc. 12, 15 décembre 1934. Paris, les Presses universitaires de France; 1 fasc. 26cm.

Annales des sciences naturelles. Zoologie. *Étude des saturnioïdes normaux. Familles des Hemileucidés.* 2e partie : *Les deux premières sous-familles, Dirphiinés et Molippinés, de la deuxième section, qui est celle des Automérites*, par L. BOUVIER. Paris, Masson et Cie, 1935; 1 vol. 26cm,5.

Denys Papin inventeur et philosophe cosmopolite, par CHARLES CABANÈS. Paris, Société française d'éditions littéraires et techniques, 1935; 1 vol. 19cm.

Pierre Termier, par LOUIS MRAZEC. Extrait du *Buletinul Societatii romăna de Geologie*. Vol. II. Bucarest, 1935.

International Council of Scientific Unions. The *Second general Assembly of the International Council of scientific Unions.* Held at Brussels, 9 au 13 juillet 1934. *Reports of Procedings.* London, 1935; 1 vol. 25cm.

La faune de France en tableaux synoptiques, illustré. Tome V : *Coléoptères* (première partie), par Rémy Perrier. Paris, Librairie Delagrave, 1935; 1 vol. 21cm.

Études et observations géologiques sur la Méditerranée occidentale :

— Volume II : *Géologie de la Méditerranée occidentale.* Partie V, nos 36-48 (1932);

— *Congrès géologique international. Bibliographie générale.* Barcelone, 1931;

— Vol. III : *Géologie des pays catalans.* Partie I, no 3 (1930-1934); Partie III, no 25;

— Vol. IV : *Géologie des chaînes bétique et subbétique.* Partie II, no 1 (1930-1934);

— Vol. V : *Géologie des chaînes nord-africaines.* Partie I, no 3 (1931-1932). Barcelone, Verdaguer; 6 fasc. 26cm.

La vie des libellules, par Jean Rostand. Paris, Librairie Stock, 1933; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par Louis Bouvier.)

Précis de Pathologie externe, par E. Forgue. Paris, Gaston Doin, 1935; 2 vol. 21cm,5.

Stéréophysique. *Nouvelles théories sur la constitution de la matière et l'origine des rayonnements*, par R. Weckering. Paris, Dunod, 1935; 1 vol. 24cm,5.

Les roches sédimentaires de France. Roches carbonatées (Calcaires et Dolomies), par Lucien Cayeux. Paris, Masson et Cie, 1935; 1 vol., 30cm,5.

Publications périodiques reçues pendant l'année 1934.

EUROPE.

France.

Aix. — Académie des sciences, agriculture, arts et belles-lettres : *Rapport sur le fonctionnement du musée Arbaud; Séance publique*, S 256.

Argentan. — *Le Pays d'Argentan.*

Asnières. — *La chronique médicale*, C 386.

Auxerre. — Société des sciences historiques et naturelles de l'Yonne : *Bulletin*, B 1558.

Avignon. — *Cahiers de pratique médico-chirurgicale*, C 3².

Bellevue. — Office national des recherches scientifiques et industrielles et des inventions : *Recherches et Inventions*, B 2436.

Besançon. — Observatoire national : *Bulletin météorologique*, O 84.

— *Annales françaises de chronométrie.*

Bordeaux. — Société astronomique : *Bulletin*, B 1170.

— Société des sciences physiques et naturelles : *Mémoires*, M 528.

Cherbourg. — Société nationale des sciences naturelles et mathématiques : *Mémoires*, M 521.

Clermont-Ferrand. — Société des amis de l'Université : *Revue d'Auvergne.*

Créteil. — Ligue française de l'aliment pur : Bulletin.
Dax. — Société de Borda : *Bulletin*, B 1418.
Dunkerque. — Société dunkerquoise pour l'encouragement des sciences, des lettres et des arts : *Mémoires*, M 529.
Grenoble. — Conseil départemental d'agriculture de l'Isère : *Le Sud-Est*, S 728.
Le Mans. — Société d'agriculture, sciences et arts de la Sarthe : *Bulletin*, B 1735.
Lille. — *Information médicale (L')*.
Lyon. — *La Parfumerie moderne*, P 56.
Marseille. — Faculté des sciences : *Annales*, A 310.
— Musée colonial : *Annales*, A 865.
— Société de géographie et d'études coloniales : *Bulletin*, B 1441.
— Société de médecine : *Archives de médecine générale et coloniale.*
— *Journal des Observateurs*, J 607.
— *Marseille médical*, U 46.
Montpellier. — École nationale d'agriculture : *Annales*, A 853 *bis.*
— Société des sciences médicales et biologiques : *Archives.*
Moret-sur-Loing. — Association des Naturalistes de la Vallée du Loing : *Bulletin*, B 942 ; *Bulletin mensuel.*
Moulins. — Société scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France : *Revue scientifique*, R 1558.
Mulhouse. — Société industrielle : *Bulletin*, B 1634.
Nancy. — *Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts et de la Station de recherches et expériences forestières*, A 854[1].
— *Revue médicale de l'Est et Bulletin de la Société de Médecine*, R 1430 et C 714.
Nice. — *Méditerranea Médical.*
Nogent-sur-Marne. — Institut national d'agronomie coloniale : *L'Agronomie coloniale*, M 908.
Paris. — Académie d'agriculture de France : *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, B 1861.
— Académie de médecine : *Bulletin*, B 894.
— Académie des sciences : *Annuaire*, I 235; *Comptes rendus hebdomadaires des séances*, C 758; *Mémoires*, H 69.
— Accumulateurs Tudor : *Tudor Service.*
— Agence économique de l'A. O. F. : *Bulletin mensuel*, B 2233 *bis.*
— Association amicale des anciens élèves de l'École centrale des arts et manufactures : *Annuaire*, A 1280; *Bulletin*, B 914.
— Association amicale des anciens élèves de l'École de physique et de chimie industrielle de la Ville de Paris : *Annuaire*, A 2375.
— Association amicale de secours des anciens élèves de l'École Normale supérieure : *Annuaire*, A 2386.
— Association amicale des élèves de l'École nationale supérieure des mines : *Annuaire*, A 1281 ; *Bulletin*, B 916.
— Association de documentation scientifique, industrielle et commerciale : *Bulletin*, A 2283.
— Automobile Club de France : *Bulletin officiel*, A 2603.

PARIS. — Banque de France : *Assemblée générale des actionnaires*, B 14[2].
— Banque franco-polonaise : *Assemblée générale ordinaire.*
— Bibliothèque de documentation internationale contemporaine : *Bulletin bibliographique*, B 858[1].
— Bureau des Longitudes : *Annuaire*, A 1370; *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs*, C 921.
— Bureau Veritas : *Bulletin technique*, B 2504.
— Club alpin français : *Revue* (*La Montagne*), B 1919.
— Collège de France. Institut d'hydrologie et de climatologie : *Annales*, A 868[2].
— Comité international des Poids et Mesures : *Procès-verbaux des séances*, C 564; *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, T 488.
— Comité permanent d'études économiques des États agricoles de l'Europe centrale et orientale : *L'Est européen agricole.*
— Commission du répertoire de bibliographie scientifique : *Bibliographie scientifique française*, B 247.
— Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée : *Rapport du Conseil d'administration*, R 61.
— Compagnie des chemins de fer du Midi : *Comptes de l'exercice; Rapport du Conseil d'administration*, R 71.
— Compagnie du Soleil (Société anonyme d'assurances) : *Compte rendu des opérations.*
— Compagnie universelle du canal maritime de Suez : *Canal de Suez* (*Le*), C 67 *bis*; *Rapport présenté au nom du Conseil d'administration.*
— Congrès des sociétés savantes de Paris et des départements : *Circulaire et programme; Comptes rendus*, C 750.
— Conseil d'hygiène publique et de salubrité de la Seine : *Comptes rendus des séances*, C 742.
— Conservatoire national des Arts et Métiers : *Le travail humain.*
— École normale supérieure : *Annales scientifiques*, A 1120.
— École polytechnique : *Journal*, J 895.
— Établissements Kuhlmann : *Compte rendu de l'Assemblée générale ordinaire.*
— Fondation Thiers : *Annuaire*, A 1347.
— Institut de physique du globe. Station séismologique : *Bulletin séismique; Résumé des observations*, O 92.
— Institut des actuaires français : *Bulletin trimestriel*, B 1014.
— Institut des recherches agronomiques : *Annales des Épiphyties*, A 1090.
— Institut Henri Poincaré : *Annales.*
— Institut national agronomique : *Annales*, A 872.
— Institut Pasteur : *Annales*, A 874.
— Ministère de l'agriculture. Direction des eaux et du génie rural : *Études glaciologiques*, E 437.
— Ministère de la marine : *Annuaire de la Marine*, A 1355.
— Ministère des colonies : *Annales de médecine et de pharmacie coloniales*, A 820.
— Ministère des colonies. Gouvernement de la Martinique : *Bulletin annuel du Service météorologique et de l'Observatoire géophysique.*

Paris. — Ministère du commerce : *Rapport général.*

— Ministère du commerce. Office national de la propriété industrielle : *Bulletin officiel de la propriété industrielle et commerciale*, C 98.

— Muséum national d'histoire naturelle : *Archives*, A 1085; *Bulletin*, B 2017.

— Nationale (La). Compagnie anonyme d'assurances contre l'incendie et les explosions : *Comptes rendus des opérations.*

— Observatoire de Paris : *Bulletin astronomique*, B 854.

— Office international d'hygiène publique : *Bulletin mensuel*, B 1042.

— Office national météorologique de France : *Bulletin quotidien de renseignements*, B 2476[1]; *Bulletin quotidien d'études*, B 2475[1]; *Climatologie aéronautique.*

— Office scientifique et technique des pêches maritimes : *Revue des travaux*, O 143 *bis*[1].

— Préfecture de police. Direction de l'hygiène, de la protection de l'enfance et du travail : *Rapport sur les opérations du service d'inspection des établissements classés dans le département de la Seine*, R 111 *bis.*

— Presses universitaires de France : *Publications trimestrielles.*

— Services techniques d'hygiène de la Ville de Paris : *Annales*, A 1062.

— Société amicale de secours des anciens élèves de l'École polytechnique : *Annuaire* A 1291 et 1550; *Bulletin.*

— Société amicale des ingénieurs de l'École supérieure d'électricité : *Annuaire.*

— Société anonyme Philips. Bureau d'études : *Bulletin technique Philips.*

— Société astronomique de France : *L'astronomie*, A 2471.

— Société centrale d'aquiculture et de pêche : *Bulletin*, B 1193.

— Société chimique de France : *Bulletin* (*Documentation*, *Mémoires*), B 1180.

— Société de biologie : *Comptes rendus des séances*, C 675.

— Société de géographie : *La Géographie*, G 233.

— Société de médecine de Paris : *Bulletins et Mémoires*, B 1462 *bis.*

— Société de médecine publique : *Voir* Syndicat des médecins hygiénistes français.

— Société d'encouragement pour l'industrie nationale : *Bulletin*, B 1296.

— Société des anciens élèves des Écoles nationales d'arts et métiers : *Arts et métiers*, B 2506.

— Société de secours des amis des sciences : *Annuaire*, C 679.

— Société des ingénieurs civils de France : *Annuaire*, A 1403; *Mémoires et Comptes rendus des travaux*, M 583; *Procès-verbaux des séances*, P 631.

— Société des missions étrangères : *Annales.*

— Société d'études ornithologiques : *Alauda.*

— Société et Union centrale des syndicats des agriculteurs de France : *Revue des agriculteurs de France*, B 1522.

— Société foncière du Paraguay : *Assemblée générale annuelle ordinaire.*

— Société française de minéralogie : *Bulletin*, B 1685.

— Société française de photographie et de cinématographie : *Bulletin*, B 1608; *Bulletin de photogrammétrie; Petite chronique mensuelle de la S. F. P. C.*

— Société française des électriciens : *Bulletin*, B 1644.

— Société française Hispano-Suiza : *Revue et Bulletin technique.*

— Société géologique de France : *Bibliographie des sciences géologiques*, B 245[1]; *Bulletin*, B 1619; *Compte rendu sommaire des séances*, C 767; *Liste des Membres.*

PARIS. — Société mathématique de France : *Bulletin*, B 1658; *Comptes rendus des séances*, C 669.
— Société nationale d'acclimatation : *Bulletin*, B 1762.
— Société nationale d'horticulture de France : *Bulletin mensuel*, A 952.
— Société Rateau : *Bulletin technique.*
— Syndicat des médecins hygiénistes français et Société de médecine publique : *Le mouvement sanitaire*, M 1294 *bis.*
— Touring-Club de France : *Revue mensuelle*, R 1484.
— Union (L') (Compagnie d'assurances contre l'incendie, les accidents et risques divers) : *Compte rendu à l'assemblée générale des actionnaires.*
— Union géodésique et géophysique internationale : **Annales de la Commission pour l'étude des raz-de-marées.**
— Union géodésique et géophysique internationale. Association internationale de géodésie : *Travaux.*
— Union sociale d'ingénieurs catholiques : *Annuaire; Écho*, E 18.
— Université : *Livret de l'étudiant*, A 92.
— *Accumulateurs (Les) électriques et leurs applications.*
— *Agriculteurs (Les) de France.*
— *Annales de chimie*, A 832.
— *Annales de géographie*, A 837.
— *Annales de paléontologie*, A 1021.
— *Annales de physique*, A 832.
— *Annales de physique du globe de la France d'outre-mer.*
— *Annales des mines*, J 602.
— *Annales des ponts et chaussées, Partie administrative, Partie technique*, A 1473.
— *Anthropologie (L')*, M 129.
— *Archives de médecine et de pharmacie navales*, A 2134.
— *Bulletin des sciences mathématiques*, B 1843.
— *Chaleur et industrie*, C 202.
— *Chimie et industrie*, C 342.
— *Cité moderne (La).*
— *Enseignement (L') mathématique*, E 278.
— *France nouvelle (La).*
— *Gazette des hôpitaux civils et militaires*, L 27.
— *Génie civil (Le)*, G 205.
— *Industrie chimique (L') et le phosphate réunis*, I 117 et P 236.
— *Journal d'agriculture pratique et Journal de l'agriculture*, M 90.
— *Journal de chimie physique*, J 368.
— *Journal de mathématiques pures et appliquées*, J 467.
— *Journal de médecine et de chirurgie pratique*, J 484.
— *Journal de pharmacie et de chimie*, B 1787.
— *Maternité.*
— *Mémorial de l'artillerie française*, M 677 *bis.*
— *Mémorial des sciences physiques*, M 683[2].
— *Missions.*

PARIS. — *Moniteur industriel (Le), économique, commercial, financier*, M 1220.
— *Nature (La)*, N 52.
— *Parfumerie (La) moderne*, P 56.
— *Polybiblion; Revue bibliographique universelle*, P 345 *bis*.
— *Progrès (Le) médical*, P 684.
— *Revue de pathologie comparée et d'hygiène générale*, R 1166.
— *Revue de pharmacologie et de thérapeutique expérimentale*, R 1167[1].
— *Revue des combustibles liquides*, R 1214.
— *Revue de viticulture*, R 1197.
— *Revue du nickel*.
— *Revue du Pacifique*, R 1293[1].
— *Revue générale de l'électricité*, L 183.
— *Revue générale des sciences pures et appliquées*, R 1362.
— *Revue générale d'horticulture*.
— *Revue maritime*, R 1025.
— *Revue pratique de biologie appliquée à la clinique et à la thérapeutique*, B 2003.
— *Revue scientifique illustrée* (Revue rose), R 1216.
— *Revue suisse*.
— *Technique (La) moderne*, T 50.
— *Vie financière (La)*.
ROSCOFF. — Station biologique : *Travaux*.
ROUEN. — Société industrielle : *Bulletin*, B 1636.
SAINT-ÉTIENNE. — *Revue de l'industrie minérale*, R 1123.
STRASBOURG. — Institut de physique du globe : *Annuaire*.
— Union géodésique et géophysique internationale : *V*[e] *Assemblée générale à Lisbonne*.
— Union géodésique et géophysique internationale. Association de géodésie : *Bulletin géodésique*.
— Union géodésique et géophysique internationale. Association de séismologie : *Comptes rendus des séances de la V*[e] *conférence*, C 653.
— Union géodésique et géophysique internationale, section de séismologie. Bureau central séismologique international : *Monographies*; *Publications*, P 839.
TALENCE. — Observatoire : *Bulletin*, B 1032.
TOULON. — *Côte d'Azur (La) médicale*, C 1049[1].
TOULOUSE. — Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres : *Mémoires*, H 74.
— Université. Faculté des sciences : *Annales*, A 909.

Allemagne.

BERLIN. — Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Arzte : *Die Naturwissenschaften*, N 60.
— *Forschungen und Fortschritte*, F 101[1].
— *Grundlehren der mathematischen Wissenschaften*.
BREMEN. — Meteorologisches Observatorium : *Deutsches meteorologisches Jahrbuch*, E 351.
GÖTTINGEN. — Gesellschaft der Wissenschaften : *Nachrichten*, N 5.

HALLE. — Kaiserlich Leopoldinische Carolinische deutsche Akademie der Naturforscher : *Nova Acta Leopoldina*, L 67.

LEIPZIG. — Sächsische Akademie der Wissenschaften : *Abhandlungen der mathematisch-physischen Klasse*, A 44; *Berichte über die Verhandlungen*, B 185.

MÜNCHEN. — Bayerische Akademie der Wissenschaften. Mathematich-naturwissenschaftliche Abteilung : *Abhandlungen*, A 36; *Sitzungsberichte*, J 122.

Autriche.

WIEN. — Medizinische Fakültät : *Programm des 54 Fortbildungskursus.*

Belgique.

BRUXELLES. — Académie royale de Belgique. Classe des sciences : *Bulletin*, B 895; *Mémoires*, M 450.

— Académie royale de médecine de Belgique : *Bulletin*, B 899; *Mémoires couronnés et autres mémoires*, M 440.

— Chambre de commerce française de Bruxelles : *Bulletin mensuel.*

— Ministère de l'Agriculture : *Bulletin du Jardin botanique de l'État*, B 1995.

— Musée royal d'histoire naturelle de Belgique : *Bulletin*, B 2016; *Mémoires*, M 576.

— Société belge de géologie : *Bulletin*, B 1178.

— Société royale zoologique de Belgique : *Annales*, A 988.

— Université : *Rapport sur l'année académique*, U 141; *Recueil de l'Institut zoologique Torley-Rousseau*, R 208[1].

LIÈGE. — Société géologique de Belgique : *Annales*, A 980; *Bulletin; Mémoires*, M 534; *Procès-verbaux des séances.*

— Société royale des sciences : *Bulletin; Mémoires*, M 557.

— Université. Institut de botanique : *Archives*, A 2116.

LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles : *Annales*, A 1101; *Revue des questions scientifiques*, R 1252.

TERVUEREN. — Musée du Congo belge : *Annales*, A 1083.

UCCLE. — Observatoire royal de Belgique : *Annuaire*, A 1315; *Bulletin astronomique; Bulletin séismique*, B 2490.

Danemark.

KOBENHAVN (COPENHAGUE). — Danmarks Geodaetisk Institut : *Bulletin of the Seismological Station; Meddelelse.*

— Kgl. Danske Videnskabernes-Selskabs (Académie royale des sciences et des lettres) : *Mathematisk-fysiske Meddelelser*, K 59; *Skrifter* (*Mémoires*), S 372.

Espagne.

BARCELONA. — Academia de ciencias y artes : *Boletin*, B 434; *Memorias*, M 693; *Nomina del Personal academic.*

BARCELONA — Association pour l'étude géologique de la Méditerranée occidentale : *Géologie de la Méditerranée occidentale.*

— Museu de ciencias naturals : *Treballs*, T 501[2].

— Universidad. Facultad de Medicina. Instituto de Fisiologia : *Trabajos*, U 105[1].

MADRID. — Academia de ciencias fisico-quimicas y naturales : *Anuario*, A 1897; *Revista*, R 755.

— Junta para ampliacion de estudias e investigaciones cientificas : *Publicaciones del Laboratorio matematico*, J 926; *Trabajos del Museo nacional de ciencias naturales*, J 929.

— Servicio meteorologico español : *Publication.*

— Sociedad española de historia natural : *Boletin*, A 691; *Memorias; Revista española de biologia*, B 471.

— Sociedad geografica nacional : *Boletin*, B 460.

SAN FERNANDO. — Instituto y Observatorio de Marina : *Almanaque nautico*, A 555; *Carta fotografica del cielo.*

Esthonie.

TARTU (DORPAT). — Université : *Acta et Commentationes*, A 118.

Finlande.

HELSINKI (HELSINGFORS). — Academia scientiarum fennica (Suomalaisen tiedeakatemian) : *Annales (Toimituksia)*, S 750; *FF (Folklore Fellows) Communications*, F 0[1].

— Commission géologique de Finlande (Suomen geologinen Toimikunta) : *Bulletin*, B 1903 *bis.*

— Merentutkimuslaitoksen julkaisu havsforskningsinstitutets (Institut thalassologique) : *Skrifter*, M 735[1].

— Observatoire astronomique : *Catalogue photographique du ciel.*

— Societas geographicá fenniæ : *Fennia*, F 32.

— Societas scientiarum fennica : *Årsbok-Vuosikirja*, S 395[1]; *Bidrag till Kännedom af Finlands natur och folk*, B 318; *Commentationes biologicæ*, *Commentationes physico-mathematicæ*, C 573 *bis.*

— Suomen geodeettisen laitoksen : *Julkaisuja*, S 751.

KUOPIO. — Finnische Akademie der Wissenschaften. Magnetische Observatorium : *Veröffentlichungen.*

Grande-Bretagne et Irlande.

BIRMINGHAM. — Natural History and Philosophical Society : *Proceedings*, P 525.

CAMBRIDGE. — Philosophical Society : *Biological Reviews*, P 536[1]; *Proceedings*, P 536.

— Solar Physics Observatory : *Annual Report of the Director*, A 1721.

DUBLIN. — Royal Dublin Society : *Scientific Proceedings*, J 845.

— Royal Irish Academy : *Index to the Serial Publications; Proceedings*, P 600.

EDINBURGH. — Geological Society : *Transactions*, T 306.
— Royal Observatory : *Annual Report of the Astronomer Royal for Scotland*, A 1665.
— Royal Physical Society : *Proceedings*, P 601.
— Royal Society : *Proceedings*, P 602; *Transactions*, T 402.
GLASGOW. — Royal Philosophical Society : *Proceedings*, P 589.
GREENWICH. — Royal Observatory : *Report of the Astronomer Royal to the Board o Visitors*, R 429.
HARPENDEN. — Rothamsted Experimental Station : *Report*.
LONDON. — British Astronomical Association : *Journal*, J 798; *Memoirs*, M 610.
— Chemical Society : *Journal*, M 601; *Proceedings*, A 73.
— Colonial Office. Discovery Committee : *Discovery Reports*.
— Geological Society : *Geological Literature*, G 244; *Quarterly Journal*, Q 11.
— Institution of Civil Engineers : *Minutes of Proceedings*, M 943; *Selected Engineering Papers; Sessional Notices*.
— Institution of Mechanical Engineers : *Proceedings*, P 560.
— Mathematical Society : *Proceedings*, P 569.
— Meteorological Office : *Annual Report of the Director; Averages of Temperature for the British Isles; Geophysical Memoirs*, M 783; *Meteorological Extracts from the Annual Report of the British Colonies; Monthly Weather Report*, M 781; *Notes on the Meteorological Observations made in British Colonies and Protectorates; Observatories Year Book*, O 100[1]; *Professional Notes*, M 784; *Weekly Weather Report*, M 781.
— Royal Aeronautical Society : *Journal*, J 840[1]; *List of Members*, R 1722[1].
— Royal Astronomical Society : *Monthly Notices*, M 1256.
— Royal Geographical Society : *Geographical Journal*, C 231.
— Royal Institution of Great Britain : *Proceedings*, N 258; *Record*, R 196[1]; *Weekly Evening meeting*.
— Royal Microscopical Society : *Journal*, T 361.
— Royal Society : *Obituary Notices of Fellows*, O 0[1]; *Philosophical Transactions*, P 225; *Proceedings*, A 72; *Year Book*, Y 20.
— Royal Society of Medicine : *Proceedings*, P 603.
— *Nautical Almanach and Astronomical Ephemeris*, N 73.
— *The Observatory*, O 111.
SIDMOUTH. — Norman Lockyer Observatory : *Director's Annual Report*, N 203[2].
TEDDINGTON. — National Physical Laboratory : *Report for the Year*, N 26.

Grèce.

ATHÈNES. — Académie d'Athènes : *Praktica*.

Hongrie.

BUDAPEST. — *Geologica Hungarica*, G 243[2].
— *Nouvelles danubiennes*.

Italie.

BOLOGNA. — Societa italiana di fisica : *Il nuovo cimento*, G 348.
— *Spedizione italiana de Filippi nell Himalaia, Caracorum e Turchestan cinese.*
CITTA DEL VATICANO. — Pontificia Academia scientiarum novi Lyncæi : *Annuario; Atti*, A 2538; *Memorie*, M 708; *Scientiarum nuncius radiophonicus.*
MILANO. — Fondazione scientifica Cagnola dalla sua istituzione in poi : *Atti*, A 2543.
— Ministero dei lavori pubblici. Servizio idrografico. Sezione di Milano : *Annali idrologici*, U 8[1].
— Reale Istituto lombardo di scienze e lettere : *Memorie*, M 705 *bis*; *Rendiconti*, R 175.
— Universita cattolica del Sacro Cuore : *Pubblicazioni.*
— *Scientia*, R 1665.
MODÈNE. — R. Accademia di scienze, lettere ed arti : *Atti e Memorie*, A 2549 et M 710.
NAPOLI. — Reale osservatorio vesuviano : *Annnali*, A 1134.
— Societa italiana di Biologia sperimentale : *Bollettino*, B 618[1].
— Societa reale di Napoli. Accademia delle scienze fisiche e matematiche : *Rendiconti*, R 332.
— Union géodésique et géophysique internationale. Association de volcanologie *Bulletin volcanologique*, B 2542[2].
— *La Critica sanitaria.*
PADOVA. — R. Universita : *Rendiconti del Seminario matematico.*
PALERMO. — Circolo matematico : *Rendiconti*, R 329.
PARMA. — Ministero dei lavori pubblici. Circolo superiore d'ispezione per il Po : *Bollettino annuale*, B 563 *bis*[1].
— Ministero dei lavori pubblici. Servizio idrografico. Ufficio idrografico del Po. Sezione di Parma : *Annali idrologici*, U 8[1]; *Pubblicazioni.*
PISA. — Reale Scuola d'ingegneria : *Pubblicazioni*, R 177 *bis*[1].
REGGIO. — R. Stazione sperimentale per l'industria delle essenze e dei derivati dagli agrumi : *Bollettino ufficiale*, B 659[1]; *Relazione sull'attivita svolta nel periodo* 1929-1933.
ROMA. — Consiglio nazionale delle ricerche : *Bibliografia Italiana*, B 226 *bis; La ricerca scientifica.*
— Ente nazionale per la industrie turistiche : *Cours de culture pour étrangers et nationaux en Italie; Enit Nouvelles; Italie voyages; Statistica del turismo.*
— Ente nazionale per la industrie turistiche. Servizio meteorologico delle Stazioni di cura, soggiorno e turismo : *Bollettino mensile.*
— Institut international d'agriculture : *Revue internationale d'agriculture*, B 1902.
— Ministero dell' aeronautica. Direzione generale dei servizi del materiali e degli aeroporti. Ufficio presagi : *Riassunto mensile; Sondaggi aerologici.*
— Ministero dell' agricoltura e delle foreste : *Nuovi annali dell' agricoltura*, A 1131
— Ministero dell' agricoltura e delle foreste. Fondazione per la sperimentazione e la ricerca agraria : *Annali delle sperimentazione agraria.*
— Reale Accademia d'Italia : *Memorie della classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.*

ROMA. — Reale Accademia nazionale dei Lincei : *Atti*, A 2546; *Memorie*, A 2546.
— R. Ufficio centrale di meteorologia e geofisica : *Annali*, A 1140.
— Societa italiana delle Scienze : *Annuario*, A 1859[1].
TORINO. — Academia pro Interlingua : *Schola et Vita.*
— Chanousia, Giardino botanico alpino dell' ordine Mauriziano sul Colle del Piccolo San Bernardo : *Annuario.*
— Ministero dei lavori pubblici. Servizio idrografico. Ufficio idrografico del Po Sezione di Torino : *Annali idrologici*, U 8[1].
— Reale Accademia delle Scienze : *Annuario; Atti*, A 2547.
VENEZIA. — R. Comitato talassografico italiano : *Memorie*, S 394[1] et R 173[2].
— Reale Istituto veneto di scienze lettere ed arti : *Atti*, A 2571.

Lithuanie.

KAUNAS (KOVNO). — Zemès Ukio akademijos Leidinys : *Metraštis.*

Luxembourg.

LUXEMBOURG. — *Blätter zur Erforschung der Krebsentstehung und Krebsverhütung.*

Monaco.

MONACO. — Bureau hydrographique international : *Annuaire*, A 1493[1]; *Revue hydrographique.*
— Institut océanographique : *Bulletin*, B 2015.
— Musée océanographique : *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, prince souverain de Monaco.*

Norvège.

BERGEN. — Chr. Michelsens Institutt for Videntskap of Åndsfrihet : *Beretninger.*
— Museum : *Årsberetning*, B 118; *Årbok*, B 118; *Skrifter*, B 119.
— Norske Institutt for Kosmisk fysikk : *Publikasjoner.*
— Norwegian north polar expedition with the « Maud » : *Scientific Results.*
OSLO. — VIIe Congrès des mathématiciens scandinaves : *Comptes rendus.*
— Norske videnskaps-Akademi : *Årbok*, N 222[2]; *Geofysiske Publikasjoner*, G 221 *bis.*
— Norwegische Meteorologische Institut : *Jahrbuch*, N 214.

Pays-Bas.

AMSTERDAM. — Koninklijke Akademie van Wetenschappen : *Verhandelingen*, V 25.
— Nederlandsche botanische Vereeniging : *Nederlandsch Kruidkundig Archief*, N 92; *Recueil des travaux botaniques néerlandais*, N 92.
— *Revue semestrielle des publications mathématiques*, R 1568.
DE BILT. — Koninklijk nederlandsch meteorologisch Instituut : *Ergebnisse aerologischer Beobachtungen; Jaarboek (Annuaire)*, M 816; *Mededeelingen en Verhandelingen; Overzicht der meteorologische Waarnemingen, verricht op de meteorologische Stations in Nederlandsch West-Indië; Seismeische registrierungen in De Bilt*, S 272.
GRONINGEN. — Kapteyn Astronomical Laboratory : *Publications.*
HAARLEN. — Société hollandaise des sciences : *Archives néerlandaises de phonétique expérimentale; Archives néerlandaises de physiologie de l'homme et des animaux*, A 2185; *Archives néerlandaises de zoologie.*
— Teyler's godgeleerd Genootschap : *Verhandelingen*, V 32.
LEIDEN. — Kamerlingh Onnes Laboratory of the University : *Communications*, C 616.
— Sterrewacht : *Annalen*, A 784.
ROTTERDAM. — Passenger Department of the Rotterdam Lloyd Royal Dutch Mail : *Lloyd Mail.*
'S GRAVENHAGE. — Koninklijk Instituut voor de Taal-Land en Volkenkunde van Nederlandsch-Indië : *Bijdragen*, B 335.
— *Flora batava Afbeelding en Beschrijving der nederlandsche gewassen.*
— *Physica.*

Pologne.

KRAKOV (CRACOVIE). — Akademja Gornicza w Krakowie (École supérieure des Mines) : *Travaux de la section d'exploitation des Mines.*
— Polska Akademja Umiejetnosci (Académie polonaise des sciences et des lettres) : *Rocznik (Annuaire)*, R 1706; *Sprawozdanie Komisji fizjograficznej*, S 567.
— Polska Akademja Umiejelnosci. Classe des sciences mathématiques et naturelles : *Bulletin international*, B 2196; *Comptes rendus mensuels des séances.*
— Polskiego Towarzystwa geologicznego (Société géologique de Pologne) : *Rocznik (Annuaire)*, R 1704[2].
LWOW. — Uniwersytet Jana Kazimierza : *Spis wykladów.*
— Uniwersytet Jana Kazimierza. Instytut geofiziki i meteorologji : *Komunikaty*, I 237[1].
— *Studia mathematica.*
POZNAŃ. — Société des amis des sciences : *Bulletin.*
PULAWY. — Institut national polonais d'économie rurale (Panstwowego Instytut naukowego gospodarstwa wiejskiego : *Mémoires (Pamietnik)*, P 27[1].
WARSZAWA (VARSOVIE). — Panstwowy Instytut Meteorologiczny (Institut météorologique de Pologne) : *Rocznik (Annuaire). Wiadomosci meteorologiczne i Hydrograficzne (Bulletin météorologique et hydrographique)*;

WARSZAWA (VARSOVIE). — Polskiego towarzystwa fizycznego (Société polonaise de physique) : *Acta physica polonica.*

— Societas botanicorum Poloniæ : *Acta*, A 134[1]; *Comptes rendus* (*Sprawozdanie du IIIe Congrès des botanistes slaves.*

— Towarzystwa Naukowego Warszawskiego (Société des sciences et des lettres) : *Annuaire* (*Rocznik*), R 1704[1]; *Archives de biologie* (*Archiwum nauk biologicznyck*); *Comptes rendus des séances* (*Sprawozdania*), C 671; *Katalog.*

— Warsaw University. Astronomical Observatory : *Circulars; Publications*, P 849[1].

Portugal.

COIMBRA. — Universidade : *Boletim da Biblioteca*, B 385 *bis.*

LISBOA. — Instituto bacteriologico Camara Pestana : *Arquivos*, A 2118.

PORTO. — Faculdade de ciencias : *Anaïs*, A 655[1].

Roumanie.

BUCURESTI (BUCAREST). — Académie roumaine : *Bulletin de la section scientifique*, B 1147.

— Institut expérimental roumain pour la culture et la fermentation du tabac : *Bulletin* (Buletinul cultivărei si fermentărei Tutunului).

— Institut national roumain pour l'étude de l'aménagement et de l'utilisation des sources d'énergie : *Publications.*

— Institut national zootechnique de Roumanie : **Annales.**

— Societatii Romàna de fizica : *Buletinul.*

— Société médicale des hôpitaux : *Bulletins et mémoires*, B 2170.

CLUJ. — *Mathematica.*

JASSY. — Université : *Annales scientifiques*, A 1121.

Russie.

KHARKOW. — Université : *Communications de la Société mathématique de Kharkow et de l'Institut des sciences mathématiques de l'Ukraine*, C 615.

KIEFF. — Académie des sciences de l'Ukraine : *Bulletin de terminologie mathématique; Visti.*

— Académie des sciences de l'Ukraine. Commission pour l'étude de la période quaternaire : *La période quaternaire.*

— Académie des sciences de l'Ukraine. Institut de botanique : *Bulletin du Jardin botanique.*

— Académie des sciences de l'Ukraine. Institut de géologie : *Journal of Geology.*

— Académie des sciences de l'Ukraine. Institut de mécanique appliquée : *Publications.*

— Académie des sciences de l'Ukraine. Institut de mécanique des constructions : *Publications.*

KIEFF. — Académie des sciences de l'Ukraine. Institut de microbiologie et d'épidémiologie : *Journal de microbiologie.*

— Académie des sciences de l'Ukraine. Institut de physiologie clinique. Classe des sciences naturelles et techniques : *Journal du cycle médical; Journal médical.*

— Académie des sciences de l'Ukraine. Institut des recherches zoologiques et biologiques : *Publications.*

— Académie des sciences de l'Ukraine. Institut mathématique : *Journal; Publications.*

— Académie des sciences de l'Ukraine. Station hydrobiologique : *Travaux.*

LENINGRAD. — Académie des sciences : *Archiv.; Bibliographie de l'Orient; Bulletin*, B 2485; *Comptes rendus*, C 628; *Travaux de la commission de polarité; Travaux de la commission pour l'étude de la congélation*; *Travaux de l'Institut géologique*, T 532 *bis*[2]; *Travaux du laboratoire de morphologie évolutive.*

— Institut de médecine expérimentale : *Archives des sciences biologiques*, A 2157; *Travaux.*

— Institute for Controlling Farm and Forest Pest : *Bulletin.*

— Société russe de minéralogie : *Mémoires*, V 72.

— Technico-Teoretitcheskoje Izdatelstwo : *Applied Mathematics and Mechanics.*

— *Journal of Physiology of U. S. S. R.*

MOSKVA (Moscou). — Central Laboratory for Scientific Research of Ionification : *Transactions.*

— Institut agraire international : *Agrar Probleme; Index bibliographique.*

— Laboratory of Experimental Biology of the Zoopark : *Transactions on the dynamics of development.*

— Staats-Universität : *Wissenschaftliche Berichte.*

— State University. Botanical Institute : *Microbiology.*

— Timiriaseff-Institut für Biologie am zentralen Exekutiv Komitee der U. S. S. R. : *Phänogenetische Variabilität.*

— *Acta physicochimica.*

— *Revue zoologique russe*, R 1612[1].

Suède.

GÖTEBORG. — Kunglika Vetenskaps-och Vitterhets-Samhälles : *Bihang; Handlingar*, G 374.

LUND. — Kungl. Fysiografiska Sällskapets : *Förhandlingar.*

STOCKHOLM. — K. Svenska Vetenskaps Akademiens : *Arkiv för Botanik*, B 331; *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi*, B 331; *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, B 331; *Arkiv för Zoologi*, B 331; *Årsbok*, K 67; *Handlingar*, S 775; *Skrifter i naturskyddsärenden*, K 67[1].

— Observatorium : *Astronomiska iakttagelser och undersökningar*, A 2490.

— Statens meteorologisk hydrografiska anstalt : *Årbsbok*, S 590[1].

— Sveriges geologiska undersökning : *Årsberättelse för År* 1933; *Årsbok*, S 776 *bis*; *Kartblad.*

— *Les prix Nobel*, P 483.

UPPSALA. — Kungl. Velenskaps-Societeten : *Liste des membres.*
— Regiæ Societatis Scientarum Uppsaliensis : *Nova acta*, A 125.
— Université. Geological Institution : *Bulletin*, B 2364.
— Université. Observatoire météorologique : *Bulletin mensuel*, B 2318; *Observations séismographiques*, O 81.
— *Acta mathematica*, A 126.

Suisse.

BÂLE. — Société de chimie helvétique : *Helvetica chimica acta*, H 52.
BERNE. — Bibliothèque nationale suisse : *Catalogue*; *Rapport*, B 309[1].
GENÈVE. — Observatoire : *Publications*, O 29.
— Société astronomique Flammarion : *Bulletin*, B 1171[1].
— Société de physique et d'histoire naturelle : *Comptes rendus des séances*, C 665.
— Sociétés de la Croix-Rouge : *Revue internationale de la Croix-Rouge*, B 2200.
— *Archives des sciences physiques et naturelles*, B 313.
LAUSANNE. — Institut international de mécanoculture : *Le courrier de l'I. M. C.*
— Société géologique suisse (Cinquantenaire) : *Circulaire.*
— Société helvétique des sciences naturelles. Commission géologique : *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse.*
— Société vaudoise des sciences naturelles : *Bulletin*, B 1862; *Mémoires*, M 558[1].
NEUCHÂTEL. — Institut Adrien Guebhard-Séverine : *Annales Guebhard-Séverine.*
ZURICH. — Eidgenössische Sternwarte. International astronomical Union : *Bulletin for character figures of solar phenomena.*
— Schweizerische meteorologische Zentral-Anstalt : *Annalen*, S 165.

Tchécoslovaquie.

BRNO. — École des hautes études vétérinaires (Vysoká Školá zvěrolékařské) : *Publications biologiques (Biologicke Spisy)*, P 821[1].
— École supérieure d'agronomie (Vysoká Školá zemédelské) : *Bulletin (Sbornik)*, B 989[2].
— Societatis scientiarum naturalium Moraviæ : *Acta (Prace)*, A 140[1].
— Université Masaryk. Faculté de médecine : *Publications (Spisy)*, P 835[2].
— Université Masaryk. Faculté des sciences : *Publications (Spisy)*, S 558.
PRAHA (PRAGUE). — Institut géophysique national. Station séismologique : *Bulletin séismique.*
— Jednoty, československijch matematikú a fysikú : *Bibliografické zprávy; Casopis pro pěstovani matematiky a fisiky*, C 89.
— Observatoire national (Státni) Hvězdárny : *Annuaire astronomique (Hvězdářská Ročenka)*, H 142.

Yougoslavie.

BEOGRAD (BELGRADE). — Académie royale serbe des sciences et des arts : **Bulletin de l'Académie des sciences mathématiques et naturelles.**
— Université. Observatoire astronomique : *Annuaire; Mémoires.*

ASIE.

Chine.

DAIREN. — Club of Natural Science and Geography of the Y. M. C. A. : *The Annual.*
HONG-KONG. — Royal Observatory : *Magnetic results; Meteorological Results; Report of the Director*, R 460.
NANKING. — Academia Sinica. Metropolitan Museum of Natural History : *Sinensia.*
— Academia Sinica. National Research Institute of Astronomy : *Monographs.*
— Ministry of Industries. Bureau of Standard Weights and Measures : *Unification of Weights and Measures in China.*
PEIPING (PEKING). — Chinese chemical Society : *Journal.*
— Geological Society of China : *Bulletin*, B 2365[1].
— National Academy. Geological Survey of China : *Geological Bulletin*, B 2366 *bis; Geological Memoirs*, M 617; *Paleontologia sinica*, P 16 *bis.*
— National Tsing Hua University : *Science Reports.*
SHANGHAÏ. — Science Institute : *Journal (Studies from the Department of Biology); Studies from the Department of Geology; Studies from the Department of Pathology.*
ZÔ-SÉ. — Observatoire astronomique : *Annales*, A 881.

États du Levant sous mandat français.

BEYROUTH. — Service central météorologique : *Bulletin mensuel.*

Indes anglaises.

ALLAHABAD. — Indian Mathematical Society : *Jubilee commemoration Volume; The Mathematics Student.*
BOMBAY. — Government Observatories : *Magnetic Meteorological and Seismographic Observations*, M 60.
CALCUTTA. — Geological Survey of India : *Memoirs*, M 620; *Records*, R 193.
— Indian Chemical Society : *Journal*, J 817[1].

CALCUTTA. — Indian Museum : *Memoirs*, M 625; *Records*, R 196.
CEYLON. — *Ceylon Journal of Science*, C 198[1].
DELHI. — Indian Mines : **Act : Annual Report of the Chief Inspector of Mines of India.**

Indochine.

HANOÏ. — Institut des recherches agronomiques de l'Indochine : *Comptes rendus des travaux.*
— *Bulletin économique de l'Indochine*, B 2153.
PHU LIEN. — Observatoire central. Service météorologique de l'Indochine : *Annales.*

Japon.

FUKUOKA. — Kyushu Imperial University : *Calendar; Memoirs of the Faculty of Engineering*, M 614.
HIROSHIMA. — University : *Journal of Science.*
KEIJO. — Imperial University. Medical Faculty : *The Keijo Journal of Medicine.*
KYOTO. — Imperial University : *Acta scholæ medicinalis*, A 134; *Calendar*, K 112.
— Imperial University. College of Agriculture : *Memoirs*, M 613[1].
— Imperial University. College of Engineering : *Memoirs*, M 615.
— Imperial University. College of Science : *Memoirs*, M 615.
NAGOYA. — University (Nagoya Ikwa-Daigaku) : *Nagoya Journal of Medical Science*, N 8[1].
PORT-ARTHUR. — Ryojun College of Engineering : *Memoirs*, M 641[1].
SAPPORO. — Hokkaido Imperial University. Faculty of Engineering : *Memoirs*, M 616[2].
— Hokkaido Imperial University. Faculty of Science : *Journal.*
SENDAI. — Saito Gratitude Foundation (Saito-Ho-On-Kai) : *Annual Report of the Work*, A 1814[1].
— Tôhoku Imperial University : *Science reports*, S 215 *bis*; *Technology reports*, T 59; *Tôhoku Mathematical Journal*, T 180.
— Tôhoku Imperial University. Anatomisches Institut : *Arbeiten*, A 1949.
— Tôhoku Imperial University. Pathologische Institut : *Mitteilungen über allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie*, M 1065[1].
TOKYO. — Association franco-japonaise des amis de l'Athénée : *L'Athénée.*
— Astronomical Society of Japan : *Observations of Variables Stars.*
— Chemical Society of Japan : *Bulletin*, B 2355[1].
— Imperial Academy : *Proceedings*, P 554[1].
— Imperial University. Aeronautical Research Institute : *Report*, R 425[1].
— Imperial University. Astrononical Observatory : *Annals*, A 880; *Astronomical Bulletin.*
— Imperial University. Earthquake Research Institute : *Bulletin*, B 2360[1]; *Seismometrical Report.*
— Imperial University. Faculty of Engineering : *Journal*, J 810[1].
— Imperial University. Faculty of Science : *Journal*, M 642 et J 810[2].

TOKYO. — Imperial University. Government Institute for Infectious Diseases : *Japanese Journal of Experimental Medicine.*
— Institute of Physical and Chemical Research : *Bulletin*, B 2377[1]; *Scientific Papers*, S 229.
— Iwata Institute of Plant Biochemistry : *Acta phytochimica*, A 131.
— Japanese National Committee World Power Conference : *Power Bibliography.*
— National Research Council of Japan : *Japanese Journal of Astronomy and Geophysics*, J 245; *Japanese Journal of Botany*, J 245 *bis; Japanese Journal of Mathematics; Japanese Journal of Medical Sciences*, J 245 *quater; Japanese Journal of Physics*, J 245 *quinter; Report.*
— National Research Council of Japan. Radio Research Committee : *Reports of Radio Researches in Japan.*
— Physico-mathematical Society of Japan : *Proceedings*, T 184.
— Society of Chemical Industry : *Journal*, J 853[1].
— Society of Mechanical Engineers : *Journal.*
— University of Litterature and Science (Tokio Bunrika Daigaku). Geographical Institute : *Science Reports.*
— Waseda University. Faculty of Science and Engineering : *Memoirs; Report of the first scientific Expedition to Manchoukuo.*

Syrie.

KSARA. — Observatoire : *Annales*, A 885[1].

AFRIQUE.

Afrique Occidentale française.

GORÉE. — Service météorologique de l'A. O. F. : *Bulletin.*

Algérie.

ALGER. — Banque industrielle de l'Afrique du Nord : *Rapport du Conseil d'administration.*
— Institut Pasteur d'Algérie : *Archives*, A 2116[3].
— Observatoire : *Catalogue d'étoiles; Catalogue photographique; Journal des observateurs; Publications.*

British East African.

NAIROBI. — Meteorological Service : *Annual Report; Bulletins of Daily Rainfall; Meteorological Report for northern Rhodesia; Summary of Rainfall.*

British West African.

LAGOS. — Geological Survey of Nigeria : *Bulletin.*

Égypte.

CAIRO. — Egyptian University. Faculty of Sciences : *Prospectus for the Academic Year; Report for the Session.*
— Ministry of Agriculture : *Report on the Work of the Plant Protection Section.*
— Ministry of Agriculture. Technical and Scientific Service : *Bulletin.*

Madagascar.

TANANARIVE. — Académie Malgache : *Bulletin*, B 2510; *Catalogue des plantes de Madagascar; Mémoires*, M 450[1].
— Gouvernement général de Madagascar et dépendances : *Bulletin économique mensuel*, B 2154; *Carte géologique de reconnaissance; Revue de Madagascar*, B 1977.
— Gouvernement général de Madagascar et dépendances. Service des Mines : *Annales géologiques.*
— Service météorologique de Madagascar : *Observations climatologiques; Publications.*

Maroc.

RABAT. — Société des sciences naturelles du Maroc : *Bulletin*, B 1576[1]; *Mémoires*, M 525.

Maurice (Ile).

PORT-LOUIS. — Royal Alfred Observatory : *Annual Report; Miscellaneous Publications*, M 951; *Results of Magnetical and Meteorological Observations*, M 771.

Réunion (Ile de la).

SAINT-DENIS. — *Recueil trimestriel de documents et travaux inédits pour servir à l'histoire des Mascareignes françaises.*

Tunisie.

TUNIS. — Institut Pasteur de Tunis : *Archives*, A 2117.
— Service botanique et agronomique de la direction générale de l'Agriculture, du Commerce et de la Colonisation : *Annales*, A 1089[1].

Union of South Africa.

BLOEMFONTEIN. — Nasionale Museum : *Paleontologiese Navorsing.*
CAPETOWN. — Royal Observatory Cape of Good Hope : *Annals*, A 1194; *Report of His Majesty's Astronomer at the Cape of Good Hope to the Secretary of the Amiralty*, R 424.

AMÉRIQUE.

Argentine.

BUENOS-AIRES. — Direccion general de yacimientos petroliferos fiscales : *Boletin de informaciones petroleras.*
— Ministerio de guerra. Direccion de remonta : **El Caballo.**
— Museo argentino de ciencias naturales « Bernadino Rivadavie » (Museo nacional de historia natural) : *Anales*, A 725.
— Seminario matemático : *Boletin.*
— Sociedad argentina de ciencias naturales : *Physis*, P 324.
— Universidad. Facultad de Ciencias exactes, fisicas y naturales : *Publicaciones.*
LA PLATA. — Universidad nacional. Facultad de ciencias fisicomatemáticas : *Anuario.*
SANTA-FÉ. — Sociedad cientifica : *Anales.*

Brésil.

BELO-HORIZONTE. — Secretaria da agricultura do Estado de Minas Gerais. Departamento dos Serviços geografico e geologico : *Carta de Minas.*
RIO DE JANEIRO. — Academia brasileira de ciencias : *Annaes.*
— Ministerio de agricoltura : *Boletim*, B 406[6].
— Museo nacional : *Boletim*, B 406 *bis*[1].
— Observatorio nacional : *Anuario*, A 1868.
— Sociedade de geografia : *Revista*, B 396.
— *Revista medico-cirurgica do Brasil*, R 883.
SAO PAULO. — *Chimica industria.*

Canada.

HALIFAX. — Nova Scotian Institute of Science : *Proceedings*, P 493.
MONTRÉAL. — Engineering Institute of Canada : *The Engineering Journal*, J 809.
— Université. Laboratoire de Botanique : *Contributions*, C 983[1].
OTTAWA. — Canadian Hydrographic Service : *Tide Tables for the Atlantic Coast of Canada.*

OTTAWA. — Canadian Patent Office : *Record and Register of Copyrights and Trade Marks*, C 66.

— Department of Mines : *Mines Branch.*

— Department of Mines. Musée national du Canada : *Bulletin*, G 249.

— Department of the Interior. Dominion Astrophysical Observatory : *Publications*, D 137.

— Department of the Interior. Geodetic Survey : *Annual Report of the Director*, A 1796.

— Geodetic Survey of the Canada : *Annual Report of the Director*, A 1796.

— National Research Council of Canada : *Publications.*

— Royal Society of Canada : *Transactions.*

TORONTO. — Ministry of Fisheries. Biological Board of Canada : *Annual Report on the Work; Bulletin*, B 2346[2]; *Contributions to Canadian Biology and Fisheries*, C 1001 ; *Journal.*

— Royal astronomical Society of Canada : *Journal*, T 281.

Chili.

SANTIAGO. — Observatorio del Salto : *Boletin*, B 522[1]; *Historia.*

— Universidad de Chile : *Anales*, A 698.

Cuba.

LA HABANA. — Oficina interamericana de Marcas : *Boletin.*

— *Boletin oficial de marcas y patentes*, B 558.

— *La Universidad de La Habana.*

États-Unis.

ALBANY. — Department of Labor : *The Industrial Bulletin*, B 2201.

— University of the State of New-York. New-York State Museum : *Bulletin*, B 2397 *bis; Handbook*, A 622[4].

— *Astronomical Journal*, A 2454.

ANN ARBOR. — University of Michigan : Observatory : *Publications*, D 149.

BALTIMORE. — Johns Hopkins University : *American Journal of Mathematics*, A 598; *Circular*, J 274.

— Johns Hopkins University. School of Hygiene and Public Health : *Collected Papers.*

BERKELEY. — University of California : *Memoirs*, M 644; *Publications*, U 149.

BOSTON. — American Academy of Arts and Sciences : *Memoirs*, M 603; *Proceedings*, P 500.

BOULDER. — University of Colorado : *Bulletin*, C 106.

BROOKLYN. — Ecological Society of America : *Ecology*, E 109 *bis.*

CAMBRIDGE. — Harvard College Observatory : *Annals*, A 1192; *Annual Report of the Director*, A 1714; *Bulletin*, H 30; *Circular*, A 2468.

CHICAGO. — American Medical Association : *Archives of Dermatology and Syphilology*, J 730.
— Field Museum of Natural History : *Leaflet*, F 57[1]; *Publications (Anthropological Series)*, F 57.
— University. Yerkes Observatory : *Astronomical Photographs.*
COLOMBUS. — *The Ohio Journal of Science*, O 155.
EASTON. — American Chemical Society : *Journal*, J 780.
GENEVA. — New-York State Agricultural Experimental Station : *Annual Report* N 142; *Bulletin; Technical Bulletin*, N 143.
GOLDEN. — Colorado School of Mines : *Catalog.*
IOWA CITY. — University of Iowa : *Studies*, U 155.
LANCASTER. — Botanical Society of America : *American Journal of Botany*, A 591.
— Institute of the Aeronautical Sciences : *Journal of the Aeronautical Sciences.*
— *The American Naturalist*, A 623.
MADISON. — University of Wisconsin : *Monatshefte für deutschen Unterricht.*
MANILA. — Department of Agriculture and Commerce : *The Philippine Journal of Science*, P 220.
MOUNT HAMILTON. — University of California. Lick Observatory : *Bulletin*, L 81.
NEW-YORK. — American Institute of Physics : *The Review of Scientific Instruments.*
— American Mathematical Society : *Colloquium Publications; Transactions*, T 252.
— American Physical Society : *Physical Review*, P 307.
— Meteorological Observatory : *Annual Tables*, N 157[1].
— Milbank Memorial Fund : *Quarterly*, M 856 *bis*[1].
ORONO. — The Maine Agricultural Experimental Station : *Bulletin*, U 158.
PASADENA. — Mount Wilson Observatory : *Annual Report of the Director*, R 461; *Contributions*, C 76.
PHILADELPHIA. — Academy of Natural Sciences : *Proceedings*, P 498.
— American Philosophical Society : *List; Proceedings*, P 506.
— Franklin Institute : *Journal*, J 812.
ROCHESTER. — Eastman Kodak Company : *Abridged scientific Publications from the Kodak Research Laboratories*, A 68.
SAN DIEGO. — Museum : *Bulletin.*
— Society of Natural History : *Transactions*, T 402[1].
SAN FRANCISCO. — California Academy of Sciences : *Proceedings*, P 534.
STANFORD. — University : *Contributions from the Dudley Herbarium; Publications*, L 65.
WASHINGTON. — Department of Agriculture : *Circular*, D 113[1]; *Journal of Agricultural Research*, J 718; *Miscellaneous Publications*, D 114; *Technical Bulletin*, U 80[1].
— Department of Agriculture. Weather Bureau : *Monthly Weather Review*, M 1269.
— Department of Commerce. Bureau of Standards : *Circular*, C 419; *Handbook; Journal of Research*, B 2555[1]; *Miscellaneous Publications*, D 119.
— Department of Commerce. Coast and Geodetic Survey : *Serial.*
— Department of the Interior. Geological Survey : *Bulletin*, B 2406; *Circular; Professionnal Paper; Water Supply Paper*, W 7.

WASHINGTON. — Department of the Interior. Office of Education : *Guidance Leaflets.*
— Department of the Navy. Naval Observatory : *American Ephemeris and Nautical Almanac*, A 584.
— Library of Congress : *Report of the Librarian*, L 79.
— National Academy of Sciences : *Proceedings*, P 574.
— National Research Council : *Bulletin*, B 2392 ; *Organization and Members; Report*, A 1762[2]; *Reprint and Circular Series*, R 563[1].
— Smithsonian Institution : *Annual Report of the Board of Regents*, A 1674; *Smithsonian Miscellaneous Collections*, S 381.
— Smithsonian Institution. National Museum : *Bulletin*, S 380; *Proceedings*, P 612; *Reports*, R 553.

Martinique.

Voir PARIS. — Ministère des Colonies.

Mexique.

MEXICO. — Academia nacional de ciencias « Antonio Alzate » : *Memorias y Revista de la Sociedad cientifica « Antonio Alzate »*, M 695.
— Asociación de Ingenieros y Arquitectos : *Revista mexicana de Ingenieria y Arquitectura*, R 896 *bis*[1].
— Departamento de Salubridad Publica : *Boletin del Instituto de Higiene*, B 503[1].
— Universidad nacional autonoma. Instituto de geologia : *Anuario.*
TACUBAYA. — Universidad nacional. Observatorio astronomico nacional : *Catalogo astrografico; Fechas de exposition.*

Pérou.

LIMA. — Ministerio de fomento : *Boletin oficial de la Direccion de minas y petroleo.*
— Sociedad de Ingenieros del Peru : *Informaciones y Memorias.*
— *Revista de ciencias*, R 721 *bis.*

Uruguay.

MONTEVIDEO. — Sociedad de cirugia : *Boletin.*

Venezuela.

CARACAS. — Academia de Ciencias Fisicas, Matematicas y Naturales : *Boletin.*
— Colegio de ingenieros de Venezuela : *Revista*, R 803[1].

OCÉANIE.

Australie.

SYDNEY. — Australian National Research Council : *Australian Science Abstracts*, A 2596[2]; **David Lecture.**

— Royal Society of New South Wales : *Journal and Proceedings*, T 390.

— University : *Journal of the Cancer Research Committee.*

Indes Néerlandaises.

BANDOENG. — Netherlands India Volcanological Survey : *Bulletin*, B 2392[1].

— Dienst van den Mijnbouw (Service géologique) : *Geologische Kaart van Java*,

BATAVIA. — Koninklijk Magnetisch en Meteorologisch Observatorium : *Observations*: O 48; *Regenwaarnemingen in Nederlandsch-Indië; Seismological Bulletin*, E 326; *Verhandelingen*, K 80.

— Netherlands Indies Science Council : *Natuurwetenschapplijke raad voor Nederlandsch Indië.*

BUITENZORG. — Jardin botanique ('S Lands Plantentuin) : *Bulletin*, S 376.

LEMBANG. — Bosscha-Sterrenwacht : *Annalen.*

WELTEVREDEN. — Koninklijke Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indië *Natuurkundig tijdschrift voor Nederlandsch-Indië*, N 70.

FIN DU TOME DEUX-CENTIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JANVIER — JUIN 1935.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 200.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

X

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

F

H

I

M

N

O

P

S

U

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

W

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
102375-35 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.